



TUGAS AKHIR TK 090324

PRODUKSI BIOETANOL DARI ALGA (*SPIROGYRA SP.*) DENGAN PROSES FERMENTASI

Atikah Badriya Husein
NRP. 2311 030 004

Evika Dwi Rohmatin
NRP. 2311 030 035

Dosen Pembimbing
Prof.Dr.Ir.Soeprijanto,M.Sc

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



FINAL PROJECT - TK 090324

PRODUCTION BIOETHANOL FROM ALGAE (*SPIROGYRA SP.*) BY FERMENTATION PROCESS

Atikah Badriya Husein
NRP. 2311 030 004

Evika Dwi Rohmatin
NRP. 2311 030 035

Guide Lecture
Prof.Dr.Ir.Soe Prijanto,M.Sc

CHEMICAL ENGINEERING DIPLOMA III STUDIED PROGRAM
Faculty of Industry Technology
Sepuluh Nopember Technology Institute
Surabaya 2014

PRODUKSI BIOETANOL dari ALGA (SPIROGYRA SP) dengan PROSES FERMENTASI

Nama Mahasiswa : Atikah Badriya Husein (2311 030 004)
Nama Mahasiswa : Evika Dwi Rohmatin (2311 030 035)
Jurusan : D3 Teknik Kimia FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc

Abstrak

Komposisi kimia alga (spirogyra sp) adalah protein 6-20%, karbohidrat 33-64%, dan lemak 11-21% berat yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan bioetanol. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk membuat bioetanol dari bahan baku alga (spirogyra sp) dengan berbagai variabel konsentrasi HCl dalam proses hidrolisa yaitu 0,1N; 1N; 2N dengan waktu fermentasi 3 hari.

Alga (Spirogyra sp) ditimbang sebanyak 770,459 gram kemudian dioven pada suhu 60°C selama 4 jam untuk menghilangkan kadar air. Alga kering tersebut didinginkan kemudian dihaluskan dengan mortar hingga halus. 75 gram alga halus dihidrolisa menggunakan katalis HCl 2N selama 4 jam untuk memecah lignin menjadi glukose. Larutan hasil hidrolisa tersebut dinaikkan pHnya dari 1,5 menjadi 4,5 dengan menggunakan larutan NaOH. Larutan yang sudah dinaikkan pHnya kemudian difermentasi selama 3 hari dengan menambahkan Yeast sebanyak 0,2%, Urea 0,5%, dan NPK 0,1% dari berat gula. Larutan hasil fermentasi disaring dengan menggunakan kertas saring kemudian didistilasi selama 4 jam untuk mendapatkan bioetanol. Tahap pembuatan bioetanol dilakukan kembali untuk variabel konsentrasi katalis HCl 0,1N dan 1N.

Dari hasil percobaan diperoleh kadar etanol dari hasil fermentasi dari variabel HCl 0,1; 1N; 2N masing-masing sebesar 1,13%; 1,46%; dan 2,68%, sedangkan kadar etanol dari hasil distilasi masing-masing sebesar 77,16%; 78,99%; dan 86,82%.

Kata Kunci: Bioetanol, hidrolisa, alga (spirogyra sp), fermentasi.

PRODUCTION BIOETHANOL FROM ALGAE (SPIROGYRA S.P) BY FERMENTATION PROCESS

Name : Atikah Badriya Husein (2311 030 004)

Name : Evika Dwi Rohmatin (2311 030 035)

Department : Chemical Engineering Diploma III

Lecturer : Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc

Abstract

The chemical composition of the algae (spirogyra s.p) is 6-20% protein, carbohydrates 33-64%, and fat 11-21% weight which can be utilized for the manufacture of bioetanol. The aim of this thesis is to make bioetanol from raw algae (spirogyra s.p) with a variety of variable concentrations of HCl in the process of hidrolisa of 0, 1N; 1N; and 2N.

Algae (spirogyra s.p) weighed as much as a gram of 770,459 then in the oven at a temperature of 60 degrees centigrade for 4 hours to remove the moisture. The dried algae cooled then crushed with a mortar until smooth. 75 g dried fine dihidrolisa using algae catalyst HCl 2N for 4 hours to break down lignin into glukose. Results of the hidrolisa solution was raised from 1.5 to 4.5 pH by using a solution of NaOH. The solution which has been raised pH and then fermented for 3 days by adding Yeast as much as 0.2%, 0.5%, Urea and NPK 0.1% of the weight of the sugar. Fermented solution is filtered using the filter paper and then in a distillation for 4 hours to get the bioetanol. Stages of manufacture bioetanol done back to variable concentrations of 0, 1N HCl catalyst and 1N.

From the results of the experiment were obtained from the fermentation of ethanol levels on variable HCl 0, 1N; 1N; 2N respectively amounted to 1.13%; 1,46%; and 2.68%, while levels of ethanol distillation of results from each of 77,16%; 78,99%; and 86,82%.

Keywords: Bioetanol, hidrolisa, algae (spirogyra s.p)

**PRODUKSI BIOETANOL dari ALGA (*Spirogyra Sp.*)
dengan PROSES FERMENTASI**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh

Gelar Ahli Madya

Pada

Program Studi D III Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Atikah Badriya Husein

(2311 030 004)

Evika Dwi rohmatin

(2311 030 035)

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc

NIP. 19580708 198701 1 001

Surabaya, 07 Juli 2014

LEMBAR PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR PRODUKSI BIOETANOL dari ALGA (*Spirogyra Sp.*) dengan PROSES FERMENTASI

Disusun oleh :

ATIKAH BADRIYA HUSEIN
EVIKA DWI ROHMATIN

(NRP 2311 030 004)
(NRP 2311 030 035)

Telah diperiksa dan disetujui oleh :
Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc
NIP. 19580708 198701 1 001

PROGRAM STUDI D III TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2011

LEMBAR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil sidang pada tanggal 27 Juni 2014, dengan judul **“PRODUKSI BIOETANOL DARI ALGA (*Spirogyra Sp.*) DENGAN PROSES FERMENTASI”**, yang disusun oleh :

Atikah Badriya Husein
Evika Dwi Rohmatin

(2311 030 004)
(2311 030 035)

Mengetahui/ Menyetujui

Dosen Penguji

Dosen Penguji



Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT
NIP. 19580703 198502 2 001

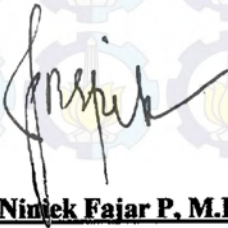


Ir. Agus Surono, MT
NIP. 19590727 198701 1 001

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir
DIII Teknik Kimia FTI-ITS

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Nintek Fajar P, M.Eng
NIP. 19630805 198903 2 002



Prof. Dr. Ir. Soepriyanto, M.Sc
NIP. 19580708 198701 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR PRODUKSI BIOETANOL dari ALGA (*Spirogyra Sp.*) dengan PROSES FERMENTASI

Mengetahui dan Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc
NIP. 19580708 198701 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi
D III Teknik Kimia FTI-ITS



Ir. Budi Setiawan, MT
NIP. 19540220 198701 1 001

Mengetahui,
Koordinator Tugas Akhir
D III Teknik Kimia FTI-ITS



Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng
NIP. 19630805 198903 2 002

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan YME yang telah memberikan berkat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **PRODUKSI BIOETANOL DARI ALGA (*SPIROGYRA S.P*) DENGAN PROSES FERMENTASI**.

Tugas akhir ini merupakan salah satu tugas yang harus diselesaikan sebagai persyaratan kelulusan program studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri / Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah mahasiswa dapat memahami dan mampu mengenal proses industri terutama industri kimia yang telah dipelajari di bangku kuliah serta aplikasinya dalam sebuah perencanaan pabrik.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya atas selesainya proposal Tugas Akhir ini, penulis ingin ucapkan kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini, antara lain kepada :

1. Kedua orang tua kami yang senantiasa mendoakan dan mendukung setiap langkah kami serta jasa-jasa lain yang terlalu sulit untuk diungkapkan.
2. Bapak Ir. Budi setiawan, MT, selaku Koordinator Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Ibu Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita,M. Eng selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Bapak Prof.Dr.Ir.Soeprijanto selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas

Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

5. Segenap Dosen, staf dan karyawan Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

6. Rekan-rekan angkatan 2011 Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak jika dalam proses dari awal sampai akhir penulisan penelitian Tugas Akhir ini ada kata-kata atau perilaku yang kurang berkenan. Terima kasih atas perhatiannya dan kerja samanya.

Surabaya, Juli 2014

TTD
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GRAFIK	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Perumusan Masalah	I-3
I.3 Batasan Masalah	I-3
I.4 Tujuan Inovasi Produk	I-3
I.5 Manfaat Inovasi Produk	I-4
BAB II TNJAUAN PUSTAKA	
II.1 Ketersediaan Energi	II-1
II.2 Bioetanol	II-2
II.3 Hidrolisa Asam	II-6
II.4 Alga (<i>Algae</i>)	II-7
II.5 Lignoselulose	II-14
II.6 Glukose	II-16
BAB III METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK	
III.1 Tahap Pelaksanaan	III-1
III.2 Bahan yang Digunakan	III-1
III.3 Peralatan yang Digunakan	III-1
III.4 Variabel yang Dipilih	III-2
III.5 Prosedur Percobaan	III-2
III.6 Tempat Pelaksanaan	III-7
III.7 Diagram Alir Pelaksanaan Inovasi	III-8
III.8 Diagram Blok Proses Pembuatan	III-10
BAB IV HASIL PERCOBAAN DAN PEBAHASAN	
IV.1 Hasil Percobaan	IV-1
IV.2 Pembahasan	IV-3
BAB V NERACA MASSA	

V.1 Neraca Massa	V-1
BAB VI NERACA PANAS	
VI.1 Neraca Panas	VI-1
BAB VII ESTIMASI BIAYA	VII-1
BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN	VIII-1
DAFTAR PUSTAKA.....	vi
DAFTAR NOTASI	vii
DAFTAR LAMPIRAN	
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	
LAMPIRAN C	
HASIL ANALISA	
GAMBAR HASIL	

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Bioetanol.....	II-3
Gambar II.2 Alga Hijau.....	II-14
Gambar II.3 Biomassa Lignoselulose.....	II-15
Gambar II.4 Lignin.....	II-16

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Sifat Kimia dan Fisika Alkohol.....	II-3
Tabel II.2 Komposisi Kimia Ganggang.....	II-11
Tabel II.3 Syarat Mutu	II-3
Tabel IV.1.2.1 Kadar Gukose dalam Sampel	IV-2
Tabel IV.1.3.1 Kadar Etanol Hasil Fermentasi	IV-2
Tabel IV.1.4.1 Hasil Perhitungan	IV-3
Tabel V.1 Neraca Massa Pengeringan	V-2
Tabel V.2 Neraca Massa Penghalusan	V-3
Tabel V.3 Neraca Massa Proses Hidrolisa	V-4
Tabel V.4 Neraca Massa Proses Penetralan	V-5
Tabel V.5 Neraca Massa Proses Fermentasi	V-7
Tabel V.6 Neraca Massa Penyaringan	V-9
Tabel VI.1 Neraca Panas Pengeringan	VI-2
Tabel VI.2 Neraca Panas Hidrolisa	VI-3
Tabel VI.3 Neraca Panas Proses Penetralan	VI-5
Tabel VI.4 Neraca Panas Proses Fermentasi.....	VI-7
Tabel VI.5 Neraca Panas Proses Fermentasi.....	VI-8
Tabel VII.1 Variable Cost	VII-1
Tabel VII.2 Fixed Cost	VII-2
Tabel VII.3 Perhitungan Biaya BEP	VII-4

DAFTAR NOTASI

No.	Notasi	Keterangan	Satuan
1.	M	massa	kg
2.	N	mol	mol
3.	BM	Berat molekul	kg/kmol
4.	T	Suhu	°C / °F
5.	Cp	Heat Capacity	kcal/kg°C
6.	ΔH_f	Enthalpy pembentukan	kcal/mol
7.	ΔH_c	Enthalpy pembakaran	kcal
8.	Q	Panas	kcal
9.	P	Densitas	gr/cm ³
10.	T	Waktu	s
11.	P	Tekanan	atm
12.	M	Viscositas	cp

BAB I

PENDAHULUAN

Masalah energi merupakan salah satu hal yang sedang hangat dibicarakan saat ini. Di Indonesia, ketergantungan kepada energi fosil masih cukup tinggi hampir 50% dari kebutuhan, terutama energi minyak dan gas bumi. Secara keseluruhan kebutuhan energi dalam negeri 95% masih dipenuhi oleh energi fosil yang tidak terbarukan, sementara cadangan energi fosil dalam negeri terbatas sedangkan disisi lain laju pertumbuhan konsumsi energi cukup tinggi yaitu 7 persen pertahun (ESDM, 2012).

Menurut data PDSI (2008), saat ini sumber energi dunia masih didominasi oleh sumber daya alam yang tidak terbarukan antara lain minyak bumi, batubara dan gas alam, yakni sekitar 80,1%, dimana masing - masing penggunaannya adalah olahan minyak bumi sebesar 35,03%, batu bara sebanyak 24,59% dan gas alam sekitar 20,44%. Sumber energi terbarukan lainnya yang baru dikembangkan sekitar 13,6%, terutama biomassa tradisional, yaitu hanya sekitar 8,5% saja (<http://web.ipb.ac.id> n.d.).

Bioetanol berbahan baku tumbuh-tumbuhan, membutuhkan lahan yang sangat luas untuk memenuhi kebutuhan bioetanol di Indonesia. Oleh karena itu, Indonesia masih memerlukan sumber bahan bakar bioetanol yang lebih efektif. Produksi bioetanol dari algae dapat menjadi solusi yang realistis untuk mengganti gasolin. Hal ini dikarenakan kandungan karbohidrat dari algae yang cukup tinggi yang dapat mencapai 64% dan juga perkembangbiakannya yang sangat cepat dengan cara fragmentasi (Becker, 2004). Salah satu algae yang potensial untuk dikembangkan menjadi bahan baku pembuatan bioetanol adalah algae *Spirogyra sp.* (Sulfahri *et al.*, 2010).

Menurut keputusan menteri ESDM Nomor 32 Tahun 2008 : “Bioetanol adalah produk etanol yang dihasilkan dari bahan baku hayati dan biomasa lainnya yang diproses secara bioteknologi dan wajib memenuhi standar mutu (spesifikasi)



sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan jika ingin digunakan sebagai bahan bakar alternatif”.

Proses pembuatan etanol dari bahan berselulosa memerlukan beberapa tahapan sebelum menghasilkan etanol, salah satunya adalah tahapan fermentasi. Hal ini disebabkan karena struktur selulosa yang lebih kompleks sehingga harus dirombak agar proses fermentasi sebagai tahapan awal pembuatan etanol dapat berlangsung dengan optimal. Menurut Shofiyanto (2008), bahan selulosa pada limbah dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon untuk produksi etanol dengan melakukan proses hidrolisis terlebih dahulu. Proses hidrolisis dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan gula sederhana dan mempermudah kerja *yeast* dalam proses fermentasi.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas tentang pemanfaatan alga sebagai bahan bakar alternatif, salah satunya adalah penelitian dari Jorge Alberto Vieira Costa dan Michele Greque de Morais dari Laboratory of Biochemical Engineering, College of Chemistry and Food Engineering, Federal University of Rio Grande, Brazil (2010) yang melaporkan bahwa alga ternyata dapat dijadikan sebagai sumber bahan baku utama dalam pembuatan biofuel pengganti energi fosil karena ramah lingkungan, dan mampu mengurangi emisi gas karbondioksida yang berdampak pada efek rumah kaca dan pemanasan global.

Menurut Prof I Nyoman Kabinawa, periset alga di Pusat Penelitian Bioteknologi, alga yang memiliki kandungan karbohidrat tinggi cocok untuk biotanol. Peluang pemanfaatan alga ini mempunyai prospek yang sangat bagus sebagai salah satu sumber energi alternatif nabati di masa depan sebagai bahan baku pembuatan etanol, melihat kondisi Indonesia sebagai negara maritim dimana dua per tiga luas wilayahnya merupakan lautan, dan pemanfaatan alga belum dikembangkan oleh masyarakat disepanjang pesisir pantai di Indonesia (industri bioteknologi biofuel menggunakan alga 2013).

Bioetanol berkadar 99% sebanyak satu liter, hanya memerlukan 0,67 kg alga. Pemanfaatan alga *Spirogyra* sp untuk



membuat bioetanol karena relatif mudah memperolehnya. Kandungan karbohidrat mencapai 64%, hampir 3 kali lipat karbohidrat singkong, yang rata-ratanya hanya 25% (Soerawidjaja, 2005).

I.1 Perumusan Masalah

Beberapa perumusan masalah yang akan coba diselesaikan dalam percobaan pembuatan bioetanol dari Alga (*Spirogyra sp.*) adalah :

1. Bagaimana menganalisa kandungan Alga (*Spirogyra sp.*) sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai sumber energi terbarukan bioetanol?
2. Bagaimana membuat bioetanol dari Alga (*Spirogyra sp.*) dengan tingkat kemurnian (kadar alkohol) 94%?

I.2 Batasan Masalah

Dalam percobaan ini batasan masalah yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

1. Alga (*Spirogyra sp.*) yang digunakan berasal dari sungai daerah Madura.
2. Proses hidrolisis dengan asam klorida (HCl).

I.3 Tujuan Inovasi Produk

Tujuan dari pembuatan bioetanol dari Alga (*Spirogyra sp.*) adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa kandungan Alga (*Spirogyra sp.*) sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai sumber energi terbarukan bioetanol.
2. Membuat bioetanol dari Alga (*Spirogyra sp.*) dengan tingkat kemurnian (kadar alkohol) 94%.



1.4 Manfaat Inovasi Produk

Manfaat dari pembuatan bioetanol dari Alga (*Spirogyra sp.*) adalah :

1. Bagi mahasiswa, bisa melakukan proses membuat bioetanol dari Alga (*Spirogyra sp.*) melalui proses hidrolisa kemudian fermentasi.
2. Bagi masyarakat, bisa mengetahui bahwa Alga (*Spirogyra sp.*) dapat digunakan untuk membuat bioetanol.
3. Bagi Institusi, menambah data tentang pembuatan bioetanol dari Alga (*Spirogyra sp.*).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Ketersediaan Energi

Kebutuhan energi Indonesia saat ini sebagian besar masih bertumpu pada bahan bakar fosil. Kebutuhan energi nasional ditopang minyak bumi sekitar 51,66 persen, gas alam 28,57 persen dan batu bara 15,34 persen. Persediaan bahan bakar tersebut kian waktu semakin berkurang. Cadangan minyak bumi akan habis sekitar 12 tahun lagi, gas 30 tahun dan batu bara masih bisa dimanfaatkan hingga 70 tahun ke depan. Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil ini menjadi masalah besar dan perlu solusi yang mendesak. Salah satu langkah solusinya adalah memanfaatkan bioetanol lignoselulosa sebagai alternatif pengganti (<http://web.ipb.ac.id> n.d.).

Menurut Mundakir (2013), Kebutuhan BBM nasional terus naik setiap tahunnya, oleh karena itu jika pertumbuhan kebutuhan BBM per tahun sebesar 5%, total kebutuhan nasional pada tahun 2018 mendatang akan menembus angka 77 juta kiloliter (KL). Fraksi premium yang dihasilkan oleh unit pengolahan minyak bumi di Indonesia tidak cukup memenuhi kebutuhan premium Indonesia. Untuk menanggulangi defisit premium, Indonesia mengimpor kebutuhan premium dari pasar internasional (Mundakir, 2013). Peneliti Pusat Penelitian Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2 Kimia-LIPI), Dr. Agus Haryono mengatakan, pada tahun 2025 pemenuhan kebutuhan energi Indonesia diharapkan 17 % nya berasal dari energi baru terbarukan. Salah satunya dengan memanfaatkan etanol sebagai alternatif, khususnya bioetanol berbasis lignoselulosa (Teknologi, 2012).

Untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, pemerintah mengeluarkan Peraturan Presiden (Perpres) No.5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mendorong pengembangan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak.



II.2 Bioetanol

Bioetanol atau etil alkohol adalah alkohol yang dibuat dari bahan baku yang bersifat dapat diperbarui. Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa (gula) yang dilanjutkan dengan proses destilasi. Proses destilasi dapat menghasilkan etanol dengan kadar 95% volume, untuk digunakan sebagai bahan bakar (biofuel) perlu lebih dimurnikan lagi hingga mencapai 99% yang lazim disebut *fuel grade ethanol* (FGE). Proses pemurnian dengan prinsip dehidrasi umumnya dilakukan dengan metode *Molecular Sieve*, untuk memisahkan air dari senyawa etanol (Pertanian, 2010).

Bioetanol dapat dimanfaatkan sebagai agen untuk meningkatkan angka oktan pada bensin karena angka oktan etanol cukup tinggi yaitu 135, sedangkan angka oktan premium yang dijual sebagai bahan bakar adalah 98. Makin tinggi bilangan oktan, bahan bakar makin tahan untuk tidak terbakar sendiri sehingga menghasilkan kestabilan proses pembakaran untuk memperoleh daya yang lebih stabil. Proses pembakaran dengan daya yang lebih sempurna akan mengurangi emisi gas karbon monoksida. Campuran bioetanol 3% saja, mampu menurunkan emisi karbonmonoksida menjadi hanya 1,35% (Anonim, 2007).

Menurut Suriawira (1986), pembuatan etanol dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

a. Cara Sintetis

Pada cara sintetis dilakukan reaksi kimia untuk mengubah bahan baku menjadi alkohol, misalnya dengan reaksi hidrasi etilena yang merupakan hasil sampingan pada proses penyulingan minyak bumi. Reaksi :



b. Cara Fermentasi

Cara ini dilakukan dengan menggunakan aktifitas mikroba. Bahan yang mengandung gula sederhana langsung dapat difermentasi, tetapi bahan yang mengandung karbohidrat harus diubah terlebih dahulu dengan jalan hidrolisis.

Proses pembuatan etanol dengan bahan baku tanaman



yang mengandung pati atau karbohidrat terdiri dari dua tahapan utama yaitu (1) proses sakarifikasi, dimana pada tahap ini tepung atau pati diubah menjadi gula sederhana (glukosa dan sebagian fruktosa), (2) proses fermentasi alkohol yaitu yang mengubah glukosa menjadi etanol yang melibatkan mikroorganisme.

II.2.1 Sifat Fisik dan Kimia Alkohol

Sifat fisika dan sifat kimia dari alkohol dapat dilihat di Tabel II.1 berikut :

Tabel II.1 Sifat Kimia dan Fisika Alkohol

Sifat Kimia dan Fisika	Keterangan
Berat Molekul	46
Kepadatan	0,791 g/ml
Titik Lebur	-117,3 °C
Titik Didih	78,3 °C
Titik Bakar	21 °C
Titik Nyala	372 °C

Sumber : (Soebagyo, 1980)



Gambar II.1 Bioetanol

II.2.2 Fermentasi Pembuatan Etanol

Menurut Anonymous (2008), fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobik (tanpa oksigen) dan aerobik. Sedangkan Menurut Leni (2004) fermentasi berdasarkan kebutuhan O₂ dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:



1. Fermentasi aerob (proses respirasi), yaitu disimilasi bahan-bahan yang disertai dengan pengambilan oksigen. Dengan adanya oksigen maka mikroorganisme dapat mencerna glukosa menghasilkan air, karbondioksida dan sejumlah besar energi. Contoh : fermentasi asam asetat, asam nitrat, dan sebagainya.
2. Fermentasi anaerob, yaitu fermentasi yang tidak membutuhkan adanya oksigen. Jadi hanya sebagian bahan energi itu dipecah, yang dihasilkan adalah sebagian dari energi, karbondioksida dan air, termasuk sejumlah asam laktat, asetat, etanol, asam volatil, alkohol dan ester. Biasanya dalam fermentasi ini menggunakan mikroba yeast, jamur dan bakteri

Beberapa faktor yang mempengaruhi fermentasi etanol yaitu :

a. Macam Bahan (Substrat)

Menurut Buckle et al (1987) mikroorganisme membutuhkan suplai makanan yang menjadi sumber energi dan menyediakan unsur kimia dasar untuk pertumbuhan sel. Unsur dasar tersebut adalah karbon, oksigen, sulfur, fosfor, magnesium, zat besi dan sejumlah kecil logam lainnya.

b. Mikroba

Mikroba memegang kunci berhasil tidaknya dalam fermentasi alkohol. Dalam hal ini terdapat 3 karakteristik penting yang harus dimiliki oleh mikroba yang akan digunakan dalam proses fermentasi, yaitu :

- Mikroba harus mampu tumbuh dengan cepat dalam suatu substrat dan lingkungan yang cocok dan mudah untuk dibudidayakan dalam jumlah besar.
- Organisme harus dapat menghasilkan enzim-enzim esensial dengan mudah dan dalam jumlah yang besar agar perubahan-perubahan kimia yang dikehendaki dapat terjadi.
- Kondisi lingkungan yang diperlukan bagi pertumbuhan dan produksi maksimum secara komparatif harus sederhana.



c. Derajat Keasaman (pH)

pH dari substrat atau media fermentasi merupakan salah satu faktor yang menentukan kehidupan khamir. Salah satu dari sifat khamir adalah bahwa pertumbuhannya dapat berlangsung baik pada suasana asam pada rentang pH 4,0 – 4,5.

d. Suhu

Suhu adalah salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi kehidupan dan pertumbuhan organisme. Pada umumnya kisaran suhu pertumbuhan untuk khamir adalah sama dengan suhu optimum pada kapang sekitar 25 – 30 °C dan suhu maksimum kira-kira 35 – 47 °C (Fardiaz, S., 1992).

e. Suplai Makanan

Bahan dasar yang dapat digunakan untuk fermentasi alkohol adalah bahan yang mengandung pati atau gula dalam jumlah tinggi.

f. Waktu

Menurut Soebagyo (1980), fermentasi biasanya dilakukan selama 30–70 jam tergantung pada suhu fermentasi, pH, dan konsentrasi gula. Keberhasilan fermentasi biasanya ditandai terbentuknya alkohol setelah 12 jam.

g. Air (H₂O)

Menurut Buckle et al (1985), suatu organisme membutuhkan air untuk hidup. Air berperan dalam reaksi metabolik dalam sel dan merupakan alat pengangkut zat gizi atau bahan limbah ke dalam dan luar sel. Jumlah air yang terdapat dalam bahan pangan dikenal aktivitas air. Bakteri tumbuh dalam perkembangbiakan hanya dalam media dengan nilai aw tinggi (0,91), pada khamir (0,87 – 0,91) dan kapang (0,80 – 0,87).

h. Ketersediaan oksigen (O₂)

Derajat anaerobiosis merupakan faktor utama mengendalikan fermentasi. Bila tersedia oksigen dalam jumlah besar, maka produksi sel-sel khamir terpacu. Akan tetapi bila produksi alkohol yang dikehendaki, maka diperlukan penyediaan oksigen yang sangat terbatas (Desrosier, 1988).



II.3 Hidrolisa Asam

Hidrolisis merupakan proses pemecahan polisakarida di dalam biomasa ligniselulosa yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer gula yang dapat dilakukan secara kimia ataupun enzimatis. Dibandingkan proses secara kimia, hidrolisis secara enzimatis lebih menguntungkan karena ramah lingkungan.

Didalam metode hidrolisis asam, biomasa ligniselulosa dipaparkan dengan asam pada suhu dan tekanan tertentu selama waktu tertentu, dan menghasilkan monomer gula dari polimer selulosa dan hemiselulosa. Beberapa asam yang umum digunakan untuk hidrolisis asam antara lain asam sulfat (H_2SO_4), asam perklorat, dan HCl . Asam sulfat merupakan asam yang paling banyak diteliti dan dimanfaatkan untuk hidrolisis asam. Hidrolisis asam dapat dikelompokkan menjadi hidrolisis asam pekat dan hidrolisis asam yang menggabungkan 2 molekul monosakarida yang berikatan kovalen terhadap sesamanya. Pati merupakan zat tepung dari karbohidrat dengan suatu polimer senyawa glukosa yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu amilosa dan amilopektin. Polimer linier dari D-glukosa membentuk amilosa dengan α -(1,4)-glukosa. Sedangkan polimer amilopektin adalah α -(1,4)-glukosida dan membentuk cabang pada ikatan α (1,6)-glukosida (Nofianto, 2009).

II.3.1 Tes Iodin untuk karbohidrat

Hidrolisis pati dapat dilakukan oleh asam atau enzim. Jika pati dipanaskan dengan asam akan terurai menjadi molekul-molekul yang lebih kecil secara berurutan, dan hasil akhirnya adalah glukosa.



Ada beberapa tingkatan dalam reaksi diatas. Molekul-molekul pati mula-mula pecah menjadi unit-unit rangkaian glukosa yang lebih pendek yang disebut dekstrin. Dekstrin ini dipecah lebih



jauh menjadi maltose (dua unit glukosa) dan akhirnya maltosa pecah menjadi glukosa. (Murdijati Gardjito, 1992).

Proses perubahan pati menjadi glukosa yang dilakukan oleh enzim diastase pada madu dalam uji aktivitas enzim dengan menggunakan iodin yang disertai perubahan warna larutannya adalah sebagai berikut :

Pati (Biru) →dekstrin (Biru kecoklatan) → akrodekstrin (coklat) → Eritrodekstrin (merah) → Maltosa (kuning) → Glukosa (Jernih/bening) + I₂

Larutan iodin digunakan untuk tes pati, warna biru tua menandai adanya larutan pati. Diperkirakan bahwa larutan iodin (ion I₃⁻ dan I₅⁻) tersubstitusi ke dalam pati, tersubstitusinya iodin setelah terputusnya ikatan glukosida dalam pati oleh enzim dan terurai menjadi molekul molekul lebih sederhana, maka makin banyak terbentuk gugus OH bebas yang dapat disubstitusi oleh iodin sehingga konsentrasi iodin dalam larutan makin kecil dan molekul air semakin banyak terbentuk, apabila pati terhidrolisis sempurna maka gugus iodin yang bakal diabsorpsi semakin banyak atau dipihak lain konsentrasi molekul air akan bertambah, semakin kecil konsentrasi iodin bebas maka larutan akan berubah menjadi jernih.

II.4 Alga (*Algae*)

II.4.1 Pengertian Alga

Alga adalah organisme berkloroplas yang dapat menghasilkan oksigen melalui proses fotosintesis. Ukuran alga beragam dan beberapa micrometer sampai beberapa meter panjangnya. Alga tersebar luas di alam dan dijumpai hampir disegala macam lingkungan yang terkena sinar matahari (Pelczar, 1986).

Dalam dunia tumbuhan ganggang termasuk ke dalam dunia Thallopitya (tumbuhan talus), karena belum mempunyai akar, batang dan daun secara jelas. Tumbuhan ganggang ada yang bersel tunggal dan juga ada yang bersel banyak dengan bentuk serupa benang atau lembaran.



Tubuh ganggang terdapat zat warna (pigmen), yaitu :

- fikosianin : warna biru
- klorofil : warna hijau
- fikosantin : warna perang atau coklat
- fikoeritrin : warna merah
- karoten : warna keemasan
- xantofil : warna kuning

Ganggang bersifat autotrof (dapat menyusun makanannya sendiri). Hampir semua ganggang bersifat eukaryotik. Habitat hidupnya di air tawar, laut dan tempat-tempat yang lembab.

Kebanyakan alga adalah organisme akuatik yang tumbuh pada air tawar atau air laut. Beberapa jenis alga fotosintetik yang menggunakan CO₂ sebagai sumber karbon dapat tumbuh dengan baik di tempat gelap (dengan menggunakan senyawa organik sebagai sumber karbon, jadi berubah dan metabolisme fotosintesis menjadi metabolisme pernafasan dan perubahan ini bergantung pada keberadaan matahari).

Alga menyimpan hasil kegiatan fotosintesis sebagai hasil bahan makanan cadangan didalam selnya. Sebagai contoh adalah alga hijau yang dapat menyimpan pati seperti pada tumbuhan tingkat tinggi (Pelczar, 1986).

II.4.2 Pembagian Alga

Alga adalah tanaman laut yang dikelompokkan dalam 2 kelompok besar makro alga dan mikro alga, mikro alga (berukuran kecil) tidak dapat dilihat secara kasat mata tetapi hanya boleh dilihat dengan menggunakan alat bantu yaitu mikroskop. Sebaliknya alga makro atau alga yang berukuran besar dapat dilihat langsung (kasat mata). Di perairan Indonesia menurut Weber Van Boss ditemukan adanya 782 jenis alga yang tersebar di seluruh wilayah perairan Indonesia. Meliputi 179 alga hijau, 134 alga coklat dan 425 alga merah. Klasifikasi alga laut, makro alga menurut Dawes (1981), terdiri dari 3 divisio yaitu Rhodophyta alga merah, Phaeophyta alga coklat dan Chlorophyta alga hijau. Sedangkan menurut Vanden Brook (1995), makro alga



terdiri juga atas 3 divisio yaitu divisio Chlorophyta alga hijau, Rhodophyta alga merah dan Heterokontophyta alga coklat, nama division alga coklat dari ketiga penulis berbeda. Ternyata dengan berkembangnya ilmu taksonomi maka banyak para ahli mengelompokkan alga pada tingkat divisio yang sama namanya tetapi ada yang berbeda. Begitu juga ada yang mengelompokkan Chlorophyceae, Rhodophyceae dan Phaeophyceae kedalam kelas tetapi yang lain memasukkannya ke tingkat taksa yang lebih tinggi sedikit yaitu sub phylum/division. Memang taksonomi alga ini masih sulit dasar pengelompokkannya menurut kata beberapa ahli alga (De wreeede dan Klinger, 1987).

1. Makroalga

Alga adalah organisme yang masuk ke dalam Kingdom Protista mirip dengan tumbuhan. Menurut Marianngsih, dkk (2013:219). Salah satu organisme laut yang banyak dijumpai di hampir seluruh pantai di Indonesia adalah makroalga. Makroalga merupakan alga yang berukuran besar, dari beberapa centimeter (cm) sampai bermeter-meter. Makroalga berdasarkan morfologinya tidak memperlihatkan adanya perbedaan antara akar, batang dan daun. Secara keseluruhan tanaman ini memiliki morfologi yang mirip, walaupun sebenarnya berbeda. Palallo (2013:13), menyatakan bahwa tubuh makroalga umumnya disebut “*thallus*”. *Thallus* merupakan tubuh vegetatif alga yang belum mengenal diferensiasi akar, batang dan daun sebagaimana yang ditemukan pada tumbuhan tingkat tinggi. *Thallus* makroalga umumnya terdiri atas “*blade*” yang memiliki bentuk seperti daun, “*stipe*” (bagian yang menyerupai batang) dan “*holdfast*” yang merupakan bagian *thallus* yang serupa dengan akar.

2. Mikroalga

Mikroalga merupakan organisme nabati yang hidup melayang-layang dalam air, relative tidak mempunyai daya gerak sehingga keberadaannya dipengaruhi oleh gerakan air serta mampu berfotosintesis (Davis,1951). Mikroalga umumnya



bersel satu atau berbentuk benang dan mampu memproduksi komponen yang bernilai tinggi. Habitat hidupnya meliputi seluruh wilayah perairan di dunia, baik lingkungan air laut maupun air tawar. Organisme ini memiliki kemampuan mengubah energi matahari, air, dan karbon dioksida layaknya tumbuhan tingkat tinggi (Panggalo, 2012:19). Populasi tersebut kemudian dikategorikan ke dalam 4 kelas, yaitu *diatome*, *green algae*, *blue-green algae*, dan *golden algae* (Panggalo, 2012:19).

Sel mikroalga dapat dibagi menjadi 10 divisi dan 8 divisi alga merupakan bentuk uniselular. Dari 8 divisi alga, 6 divisi telah digunakan untuk keperluan budidaya perikanan sebagai pakan alami. Setiap divisi mempunyai karakteristik yang ikut memberikan andil pada kelompoknya, tetapi spesies-spesiesnya cukup memberikan perbedaan-perbedaan dari lainnya. Ada 4 karakteristik yang digunakan untuk membedakan divisi mikroalga yaitu: tipe jaringan sel, ada tidaknya *flagella*, tipe komponen fotosintesa, dan jenis pigmen sel. Selain itu morfologi sel dan bagaimana sifat sel yang menempel berbentuk koloni/filamen.

Sifat yang paling berguna untuk mengidentifikasi alga adalah warna atau pigmen mereka. Pigmen-pigmen tersebut menyerap energi cahaya dan mengubahnya menjadi biomassa melalui proses fotosintesis. Ada 3 kelas utama pigmen dan berbagai kombinasi yang memberikan warna khas pada alga. Kelompok utama dari pigmen hijau adalah *chlorophil*, dengan *chlorophil a* sebagai pigmen utama yang menyerap gelombang panjang biru dan merah sebagai cahaya yang penting untuk fotosintesis.

Pada makroalga, sebagian besar karotenoid lebih bersifat melindungi pigmen lain daripada ikut secara langsung dalam reaksi fotosintesis. Dalam setiap divisi, terdapat pengecualian seperti fukosantin pada diatom dan alga coklat, yang sangat aktif dalam proses fotosintesa. Fikobilin berwarna merah (fikoeretrin) atau biru (fikosianin) dan menangkap gelombang panjang yang tidak ditangkap oleh pigmen-pigmen lainnya dan melewati energi yang ditangkap pada *chlorophil a* untuk fotosintesis. Beberapa



variasi dari bentuk sel dapat ditemukan pada alga uniselular dapat berbentuk bola pipih memanjang atau berbentuk kotak sebagai tambahan beberapa uniselular memiliki lengan atau duri yang merupakan perluasan dari dinding sel. Banyak mikroalga yang membentuk filamen-filamen sel yang menghubungkan satu sama lain. Mikroalga lainnya membentuk koloni-koloni sel yang memiliki suatu pola yang khusus dan ditentukan oleh jumlah sel.

Untuk mengetahui secara jelas apa saja komposisi dari ganggang berdasarkan jenisnya, dapat dilihat di tabel berikut :

Tabel II.2 Komposisi Kimia Ganggang

Ganggang	Komposisi Kimia (%bobot kering)			
	Protein	Kerbohidrat	Lemak	Asam Nukleat
<i>Scenedesmus obliquus</i>	50-56	10-17	12-14	3-6
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	47	-	1.9	-
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	8-18	21-52	16-40	-
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	48	17	21	-
<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	12-17	14-22	4-5
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57	26	2	-
<i>Spirogyra</i> sp.	6-20	33-64	11-21	-
<i>Dunaliella bioculata</i>	49	4	8	-
<i>Dunaliella salina</i>	57	32	6	-
<i>Euglena gracilis</i>	39-61	14-18	14-20	-
<i>Prymnesium parvum</i>	28-45	25-33	22-38	1-2
<i>Tetraselmis maculate</i>	52	15	3	-



Bab II Tinjauan Pustaka

<i>Porphyridium cruentum</i>	28-39	40-57	9-14	-
<i>Spirulina platensis</i>	46-63	8-14	4-9	2-5
<i>Spirulina maxima</i>	60-71	13-16	6-7	3-4.5
<i>Synechococcus sp.</i>	63	15	11	5
<i>Anabaena cylindrica</i>	43-56	25-30	4-7	-

(Becker, 1994)

II.4.3 Alga Hijau

Alga hijau (*Green Algae*) mempunyai pigmen klorofil a, klorofil b, karoten dan xantofil. Ganggang ini juga dapat melakukan fotosintesis. 90% hidup di air tawar dan 10% hidup di laut. Yang hidup di air umumnya sebagai plankton atau bentos, juga menempel pada batu dan tanah. Ganggang hijau merupakan kelompok ganggang yang paling banyak jumlahnya diantara gangganga lain. Cara reproduksi dengan fragmentasi dan konjugasi (Hadi, 2012).

Alga hijau adalah kelompok alga berdasarkan zat warna atau pigmentasinya. Dalam taksonomi, semula semua alga yang tampak berwarna hijau dimasukkan sebagai salah satu kelas dalam filum atau divisio *Thallophyta*, yaitu *Chlorophyceae*. Pengelompokan ini sekarang dianggap tidak valid karena ia tidak monofiletik, setelah diketahui bahwa tumbuhan merupakan perkembangan lanjutan dari anggota masa lalunya. Sebagai konsekuensi, alga hijau sekarang terdiri dari dua filum: *Chlorophyta* dan *Charophyta*, yang masing-masing monofiletik.

Anggota alga hijau ada yang bersel tunggal dan ada pula yang bersel banyak, berwujud berkas, lembaran, atau membentuk koloni. Spesies alga hijau yang bersel tunggal ada yang dapat berpindah tempat, tetapi ada pula yang menetap.

Sel-sel alga hijau bersifat eukariotik (materi inti dibungkus oleh membran inti). Pigmen klorofil terdapat dalam jumlah terbanyak sehingga alga ini berwarna hijau, pigmen lain



yang dimiliki adalah karotena dan xantofil. Komposisi ini juga dimiliki oleh sel-sel tumbuhan modern.

Klorofil dalam pigmen lain terdapat dalam kloroplas yang bentuknya bermacam-macam antara lain mangkuk, gelang, pita spiral, jala dan bintang. Di dalam kloroplas terdapat butiran padat yang disebut pirenoid yang berfungsi untuk pembentukan tepung.

Alga hijau merupakan golongan terbesar di antara alga dan kebanyakan hidup di air tawar. Sebagian lagi hidup di darat, di tempat yang lembab, di atas batang pohon, dan di laut.

Ciri-ciri alga hijau *Chlorophyta* adalah sebagai berikut :

- a) Ada yang bersel satu, ada yang membentuk koloni.
- b) Bentuk tubuhnya ada yang bulat, filamen, lembaran, dan ada yang menyerupai tumbuhan tinggi.
- c) Bentuk dan ukuran kloroplas beraneka ragam, ada yang seperti mangkok, busa, jala, atau bintang. Di dalam kloroplas terdapat ribosom dan DNA. Selain itu terdapat pirenoid sebagai tempat penyimpanan hasil asimilasi yang berupa tepung dan lemak. Organel lainnya adalah badan Golgi, mitokondria, dan retikulum endo-plasma.
- d) Pada sel reproduktif yang motil terdapat pigmen yang disebut stigma (bintik mata merah).
- e) Di dalam sitoplasma sel yang dapat bergerak terdapat vakuola kontraktil, Vakuola kontraktil berfungsi sebagai alat osmoregulasi.
- f) Inti sel alga hijau memiliki dinding, sehingga bentuknya tetap. Inti yang demikian disebut eukarion.
- g) Pada alga hijau yang motil terdapat dua flagela yang sama panjang.

(Andi, 2012)



II.4.4 (*Spirogyra sp*)

Klasifikasi *Chlorophyta* (Green Algae)

Kingdom : *Protista*
 Divisio : *Chlorophyta*
 Class : *Zygnematomyceae*
 Ordo : *Zygnematales*
 Genus : *Spirogyra*
 (Bold, 1985)



Gambar II.2 Alga Hijau (*Green Algae*)

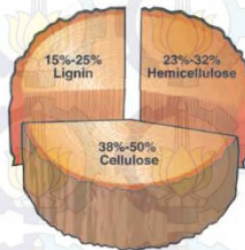
II.5 Lignoselulose

Biomassa lignoselulose umumnya mengandung karbohidrat yang dapat difermentasi (selulose dan hemiselulose) sebesar 56-72% berat (Gambar 2.1). Secara alami biomassa lignoselulose banyak dijumpai di sekitar kita mulai dari tanaman sampai limbah kota. Selulose, komponen utama biomassa lignoselulose, adalah polimer glukose (Gambar 2.1, 2.2). Tidak seperti pati, monomer gula dari selulose diikat bersama-sama melalui ikatan β -1-4 glikosida menghasilkan ikatan yang kuat dan struktur dengan kandungan kristal yang tinggi sehingga menyebabkan bahan tahan terhadap proses hidrolisis. Fiber



selulose adalah terikat dalam matrix lignin-hemiselulose dan sifat-sifat ini memberikan ketahanan biomassa lignoselulose sebelum proses hidrolisis enzim merupakan tahapan penting.

Biomassa dari limbah pertanian diketahui banyak mengandung serat kasar dimana tersusun atas senyawa kompleks lignin, hemiselulose dan selulose, dan masing-masing merupakan senyawa-senyawa yang potensial dapat dikonversi menjadi senyawa lain secara biologi. Selulose merupakan sumber karbon yang dapat digunakan mikroorganisme sebagai substrat dalam proses fermentasi untuk menghasilkan produk yang mempunyai nilai ekonomi tinggi (Aguirar, 2001).



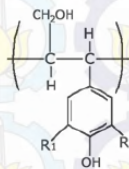
Gambar II.3 Biomassa Lignoselulose

Selulose hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni di alam, melainkan selalu berkaitan dengan bahan lain yaitu lignin dan hemiselulose. Serat selulose alami terdapat di dalam dinding sel tanaman dan bahan vegetatif lainnya. Selulose mengandung 44,4% C; 6,2% H dan 49,3% O. Rumus empiris selulose adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$, dengan banyaknya satuan glukosa yang disebut dengan derajat polimerisasi (DP), dimana jumlahnya mencapai 1.200-10.000 dan panjang molekul sekurang-kurangnya 5.000 nm. Berat molekul selulose rata-rata sekitar 400.000. Mikrofibril selulose terdiri atas bagian amorf (15%) dan bagian berkrystal (85%). Struktur berkrystal dan adanya lignin serta hemiselulose disekeliling selulose merupakan hambatan utama untuk menghidrolisa selulose (Sjostrom, 1995). Pada proses hidrolisa yang sempurna akan menghasilkan glukosa, sedangkan proses hidrolisa sebagian akan menghasilkan disakarida selebirose.



Hemiselulose, komponen utama yang kedua dari biomassa lignoselulose dengan signifikan memberikan total gula-gula yang mudah difermentasi. Tidak seperti selulose, hemiselulose secara kimia heterogen dan dengan mudah dihidrolisis menjadi konstituennya monosakarida.

Lignin adalah suatu polimer aromatik yang kompleks dengan bobot molekul mencapai 11.000 (Gambar 2.3), yang merupakan kondensat suatu produk diperoleh dari monomer-monomer lignin seperti p-coimaryl alcohol, coniferyl alcohol, dan sinapyl alcohol. Sementara selulose dan hemiselulose memberikan jumlah gula yang dapat difermentasi untuk memproduksi ethanol, produk dari degradasi lignin yang dikenal sebagai sumber potensi inhibitor mikroorganisme. Dengan kata lain, lignin adalah makromolekul dari polifenil. Polimer lignin dapat dikonversi ke monomernya tanpa mengalami perubahan pada bentuk dasarnya. Lignin yang melindungi selulose bersifat tahan terhadap hidrolisis karena adanya ikatan arilakil dan ikatan eter.



Gambar II.4 Lignin

II.6 Glukosa

Glukosa dipergunakan dalam industri makanan dan minuman, terutama dalam industri permen, selai dan pembuatan buah kaleng. Kemajuan dalam konversi enzim dapat menghasilkan glukosa dengan kadar dekstrosa 95%, kadar dekstrosa lebih tinggi dapat diperoleh dengan menggunakan konsentrasi substrat yang lebih rendah, tetapi ada batas ekonomisnya.



Kadar dekstrosa juga bisa berkurang oleh adanya trans-glukosa karena enzim yang digunakan tidak murni. Dosis enzim yang tinggi dan waktu konversi yang terlalu panjang mengakibatkan polimerisasi membentuk karena konversi non ideal.

Tabel II.3 Syarat mutu Glukosa

Komponen	Spesifikasi
Gula reduksi dihitung sebagai d-Glukosa	Maksimum 30%
Pati	Tidak nyata
Sulfur	Untuk kembang gula maksimum 400ppm yang lain 40 ppm
Pemanis buatan	Negatif

Sumber : SII 0418-81, 2001

- Sifat-sifat fisika Glukosa:

- a. Berat molekul : 180,19gr/ml
- b. Spesifik gravity : 1,544
- c. Kelarutan dalam air : 82

- Sifat-sifat kimia Glukosa:

- a. dihidrasi oleh asam menghasilkan suatu molekul d-glukosa
- b. Bereaksi negatif dengan reagen Tollen

(Sumber : Perrys, 1997)



Bab II Tinjauan Pustaka

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK

III.1. Tahap Pelaksanaan

1. Analisa kondisi dan kebutuhan lingkungan
2. Pengumpulan literatur
3. Mendapatkan metodologi percobaan
4. Melakukan trial metodologi percobaan
5. Mendapatkan bahan baku dan bahan pembantu
6. Persiapan bahan baku
7. Pengeringan bahan baku
8. Penghalusan bahan baku
9. Hidrolisa
10. Fermentasi
11. Distilasi
12. Analisa Produk
13. Laporan akhir

III.2. Bahan yang Digunakan

- | | |
|------------------------------------|--------------|
| 1. Alga (<i>Spirogyra sp.</i>) | 7. Urea |
| 2. Asam Sulfat (H_2SO_4) | 8. Fehling A |
| 3. Asam Klorida (HCl) | 9. Fehling B |
| 4. Natrium Hidroksida (NaOH) | 10. Aquadest |
| 5. Indikator <i>Methylene Blue</i> | 11. Yeast |
| 6. NPK | |

III.3. Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan bioetanol dari Alga (*Spirogyra sp.*) dengan proses fermentasi sebagai berikut :

- | | |
|-----------------------------|------------------|
| 1. Labu Leher Tiga | 10. Cawan |
| 2. Thermometer | 11. Piknometer |
| 3. Rangkaian Alat Distilasi | 12. Beaker Glass |
| 4. Gelas Arloji | 13. Corong Kaca |



- | | |
|-------------------|---------------|
| 5. Erlenmeyer | 14. Labu Ukur |
| 6. Pipet Tetes | 15. Heater |
| 7. Gelas Ukur | 16. Spatula |
| 8. Kompor Listrik | 17. PH Meter |
| 9. Kertas Saring | 18. Mortar |

III.4. Variabel yang Dipilih

Variabel yang dipilih pada produksi bioetanol dari Alga (*Spirogyra sp.*) dengan proses fermentasi adalah konsentrasi asam klorida (HCl) yaitu 0,1 N; 1N; dan 2N yang digunakan sebagai pelarut pada proses hidrolisa.

III.5. Prosedur Percobaan

Produksi bioetanol dengan bahan baku Alga (*Spirogyra sp.*) pertama adalah tahap pengeringan dan penghalusan bahan baku, kemudian dilakukan proses hidrolisa asam dari selulosa menjadi glukosa. Dilanjutkan tahap fermentasi glukosa menjadi bioetanol dengan menambahkan urea, NPK dan yeast. Selanjutnya untuk pemurnian bioetanol dilakukan proses distilasi. Dan tahap terakhir adalah Analisa produk yaitu bioetanol.

III.5.1. Tahap Pengeringan Alga (*Spirogyra* sp.)

Menyiapkan dan menimbang berat awal bahan baku Alga (*Spirogyra sp.*). Memeras Alga (*Spirogyra sp.*) hingga air sedikit berkurang dengan tujuan kerja oven tidak terlalu berat. Memasukkan Alga (*Spirogyra sp.*) ke dalam oven dengan suhu 60 °C selama 4 jam. Setelah itu Menimbang berat kering Alga (*Spirogyra sp.*).

III.5.2. Tahap Penghalusan Alga (*Spirogyra* sp.)

Alga (*Spirogyra* sp.) yang sudah kering dan sudah diketahui beratnya ditumbuk menggunakan mortar hingga halus dan bisa dikatakan tepung Alga (*Spirogyra* sp.).



III.5.3. Tahap Proses Pembuatan Produk

III.5.3.1. Proses Hidrolisa dengan Asam (HCl)

Bahan baku tepung Alga (*Spirogyra sp.*) ditimbang dengan timbangan elektrik seberat 75 gram. Kemudian membuat larutan Asam Klorida 0,1N; 1N dan 2N masing-masing sebanyak 750 ml sebagai pelarut tepung Alga (*Spirogyra sp.*). Mencampurkan tepung alga (*Spirogyra sp.*) yang telah ditimbang dengan larutan asam klorida yang telah disiapkan sebelumnya. Kemudian memasang rangkaian alat hidrolisis dan memasukkan campuran tepung alga dengan asam klorida ke dalam labu leher tiga dan memanaskan dengan suhu 80°C selama 4 jam.

III.5.3.2 Penaikan pH

Sebelum penaikan pH dimulai, hasil akhir tahap hidrolisa didinginkan selama 1 jam dan mengatur pH larutan glukosa dari pH 1,5 menjadi 4,5 dengan penambahan NaOH 2 N.

III.5.3.3 Fermentasi

Proses fermentasi dimaksudkan untuk mengubah glukosa menjadi bioetanol dengan menggunakan Urea 0,5%; NPK 0,1% dan yeast 0,2% dari volume larutan glukosa. Untuk penyempurnaan hasil bioetanol proses fermentasi dilakukan selama 3 hari.

Kadar bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi, biasanya hanya mencapai 6 sampai 9%, sehingga untuk memperoleh bioetanol yang berkadar alkohol 94% diperlukan proses lainnya, yaitu proses distilasi.

III.5.3.4 Distilasi

Distilasi dikerjakan untuk memisahkan bioetanol dari kelebihan air. Ini melibatkan penguapan campuran. Karena titik didih etanol adalah 78°C, sementara air menguap pada suhu 100°C, etanol akan menguap lebih dulu sebelum air. Uap ini ditampung dan dikondensasi kembali menjadi bentuk cair.



III.5.4. Analisa Bahan

III.5.4.1 Prosedur Analisa Kadar Air

1. Menimbang Alga (*Spirogyra sp.*) 5 gram, kemudian tempatkan dalam cawan yang sudah diketahui beratnya.
2. Memasukkan cawan yang sudah berisi sampel ke dalam oven selama 2 jam pada suhu 105°C lalu didinginkan dalam desikator selama 15 menit.
3. Menimbang alga yang telah didinginkan lalu mengeringkan didalam oven lagi sampai didapatkan berat konstan.
4. Kadar air dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Kadar air} = \frac{(W1 - W0) - (W2 - W0)}{(W1 - W0)} \times 100\%$$

Dengan :

- W0 = Berat cawan kosong (gram)
 W1 = Berat cawan + sampel (gram)
 W2 = Berat cawan + sampel setelah di oven (gram)

III.5.4.2 Prosedur Analisa Lignin Selulosa dan Hemiselulosa

1. Menimbang 5 gram sampel (berat A), ditambah 150 mL air distilasi atau alkohol-benzene kemudian direflux selama 1 jam.
2. Setelah direflux disaring dan residu dicuci dengan air panas sebanyak 300 mL kemudian residu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam dan kemudian ditimbang (berat B).
3. Residu kering ditambah 150 mL H₂SO₄ 1 N kemudian direflux dengan *waterbath* selama 1 jam pada suhu 100°C.
4. Hasil reflux disaring dan dicuci dengan air sampai netral (300 mL) dan residu kemudian dikeringkan hingga beratnya konstan (berat C).
5. Residu kering ditambah 10 mL H₂SO₄ 72% dan direndam



pada suhu kamar selama 4 jam.

6. Residu kemudian ditambah dengan 150 mL H_2SO_4 1 N dan direflux pada suhu 100°C dengan waterbath selama 1 jam dan dilengkapi dengan pendingin balik.
7. Residu disaring dan dicuci dengan air sampai netral (400 mL) kemudian dipanaskan di oven pada suhu 105°C dan ditimbang beratnya (berat D).
8. Selanjutnya residu diabukan dan ditimbang (berat E).
9. Kadar selulosa dan kadar lignin dapat dihitung dengan persamaan

$$\text{Kadar selulosa} = \frac{(C - D)}{A} \times 100\%$$

$$\text{Kadar lignin} = \frac{(D - E)}{A} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Hemiselulosa} = (E - \text{Kadar selulosa})$$

III.5.4.3 Prosedur Analisa Glukosa dengan Metode Lane-Eynon

1. Mengambil larutan sampel dan kemudian diencerkan sampai 25 mL.
2. Mengambil 20 mL campuran larutan Fehling A dan B dimasukkan kedalam erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan 4 tetes methylene blue pada konsentrasi 10 g/l.
3. Larutan dipanaskan hingga mendidih, selama mendidih ditambahkan larutan glukosa standard dengan konsentrasi 5 g/l sampai warna biru hilang berubah menjadi merah bata.
4. Titrasi diulangi lagi tetapi menggunakan larutan sampel.
5. Konsentrasi glukosa dapat dihitung dengan persamaan.

$$C_{\text{spl}} = \frac{C_{\text{std}} \times V_{\text{std}}}{V_{\text{spl}}} \text{ (g/l)}$$

Dengan :

V_{std} = Volume larutan standard glukosa untuk titrasi,



	mL
V_{spl}	= Volume larutan sampel glukosa untuk titrasi, mL
C_{std}	= Konsentrasi larutan standard glukosa, g/l
C_{std}	= Konsentrasi larutan glukosa dalam sampel, g/l

III.5.4.4 Prosedur Analisa Pati

1. Menimbang 5 gram sampel Alga (*Spirogyra sp.*) yang telah dihaluskan, tambahkan 50 mL aquadest dan diaduk selama 1 jam.
2. Menyaring suspensi dengan kertas saring dan cuci dengan aquadest sampai volume filtrat 250 mL. Filtrat ini mengandung karbohidrat yang larut dan terbang.
3. Memindahkan residu secara kuantitatif dari kertas saring kedalam erlenmeyer dengan pencucian 200 mL.
4. Menambahkan 1 mL HCl 25% (Densitas 1,125 mg/mL).
5. Menutup dengan pendingin balik dan memanaskan dengan pemanas air selama 2,5 jam.
6. Setelah dingin dinetralkan dengan larutan NaOH 45%, dan diencerkan sampai volume 500 mL, Kemudian disaring.
7. Penentuan kadar gula dinyatakan sebagai glukose dari filtrat yang diperoleh.
8. Penentuan kadar glukose seperti pada penentuan gula reduksi.

$$\text{Berat Pati} = \text{Berat Glukose} \times 0,9$$

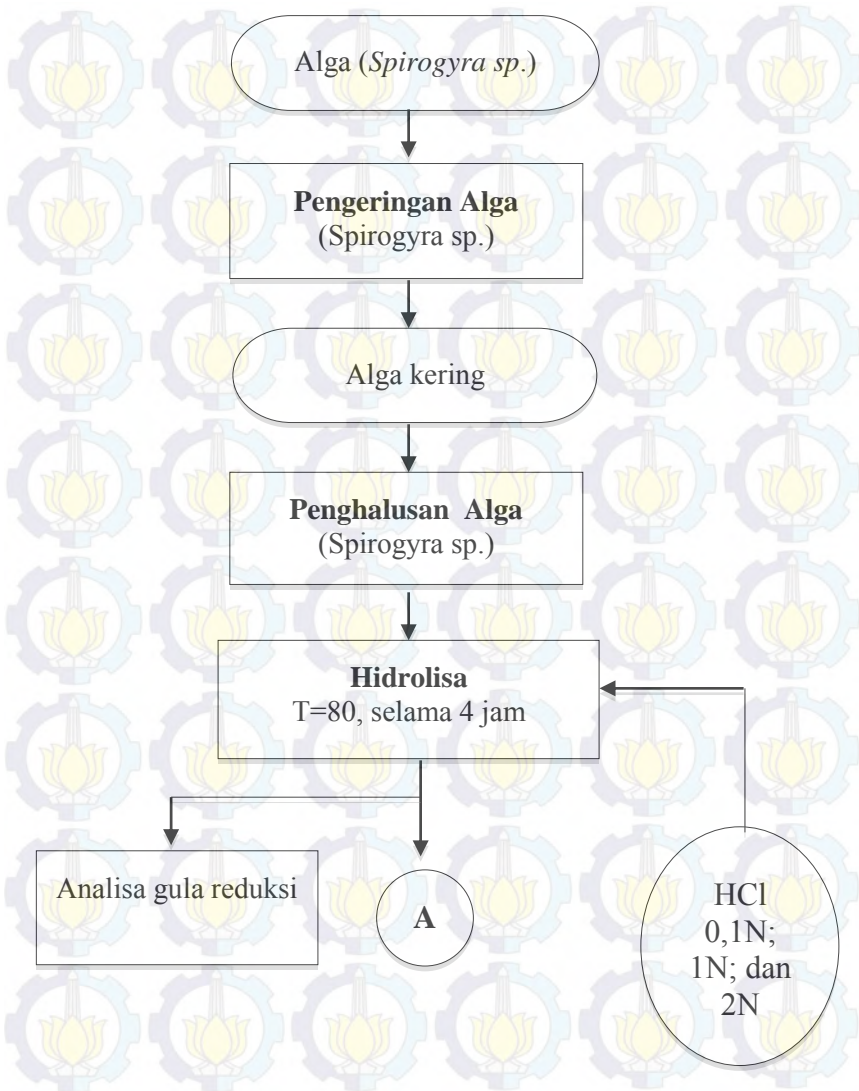
III.5.5 Tahap Analisa Produk

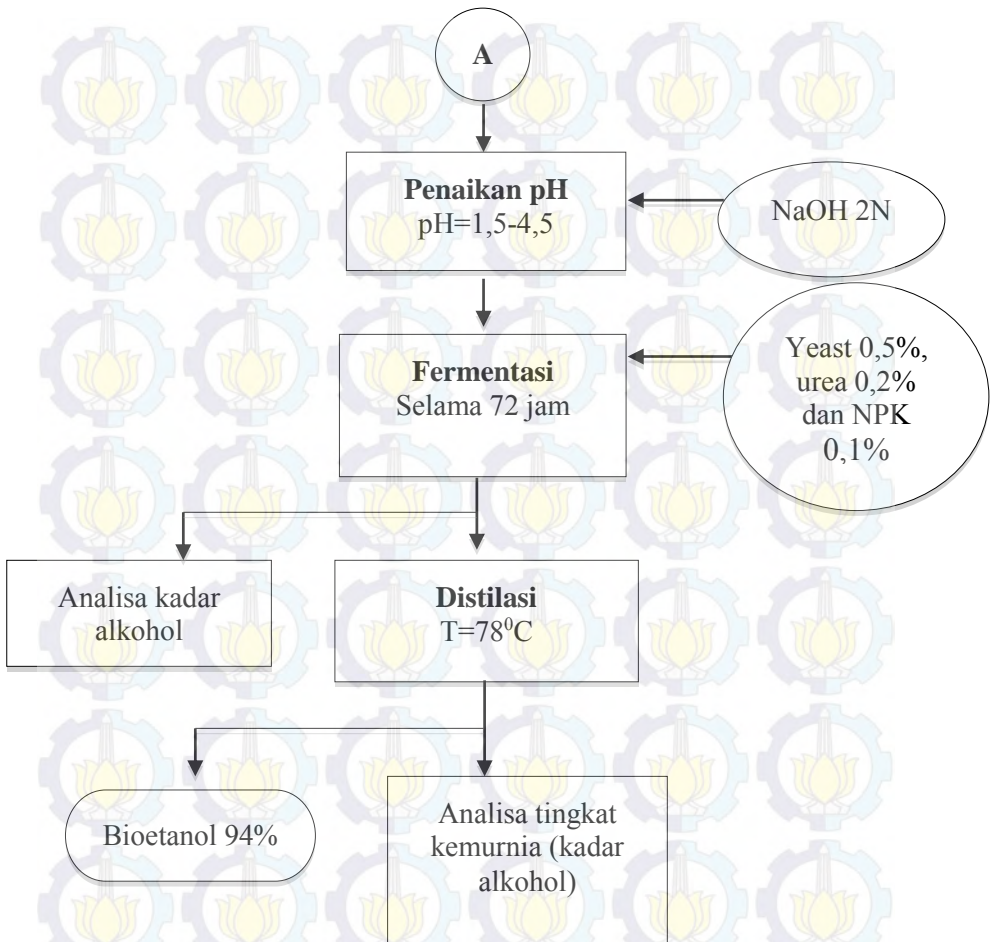
III.5.5.1 Uji Densitas dalam Bioetanol dari Alga (*Spirogyra sp.*)

1. Menimbang berat picnometer kosong.
2. Memasukkan bioetanol dari Alga (*Spirogyra sp.*) kedalam picnometer.



III.7 Diagram Alir Pelaksanaan Inovasi

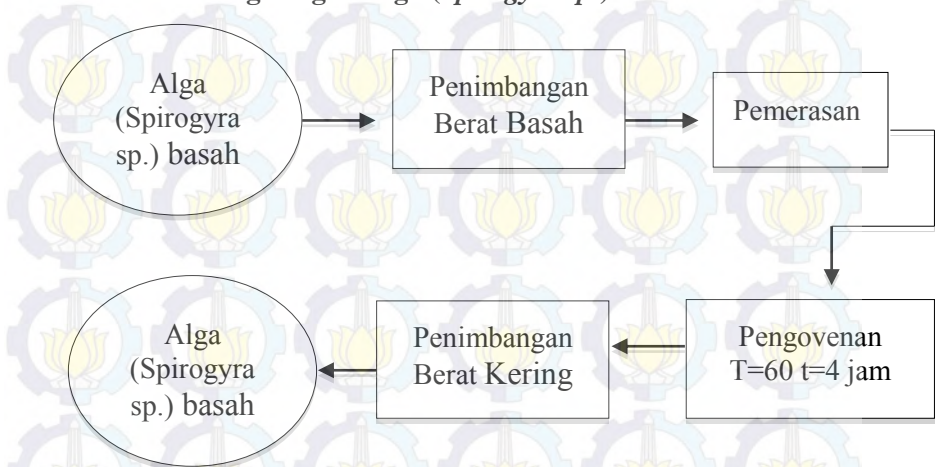




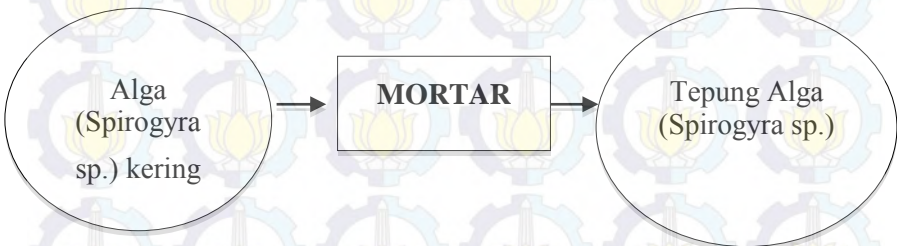


III.8. Diagram Blok Proses Pembuatan

III.8.1 Proses Pengeringan Alga (*Spirogyra* sp.)

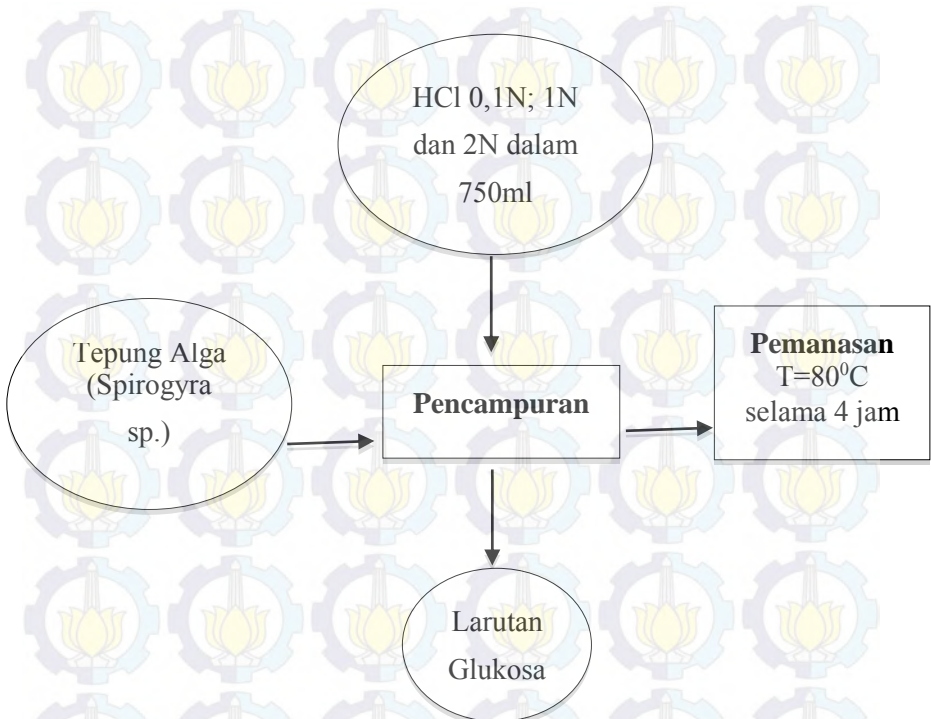


III.8.2 Proses Penghalusan Alga (*Spirogyra* sp.)

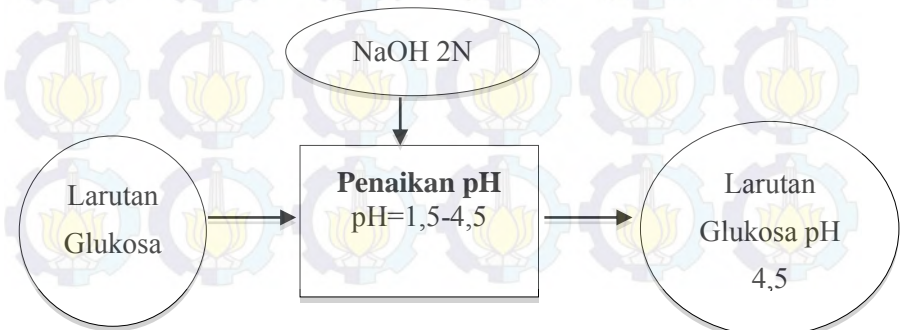




III.8.3 Proses Hidrolisa

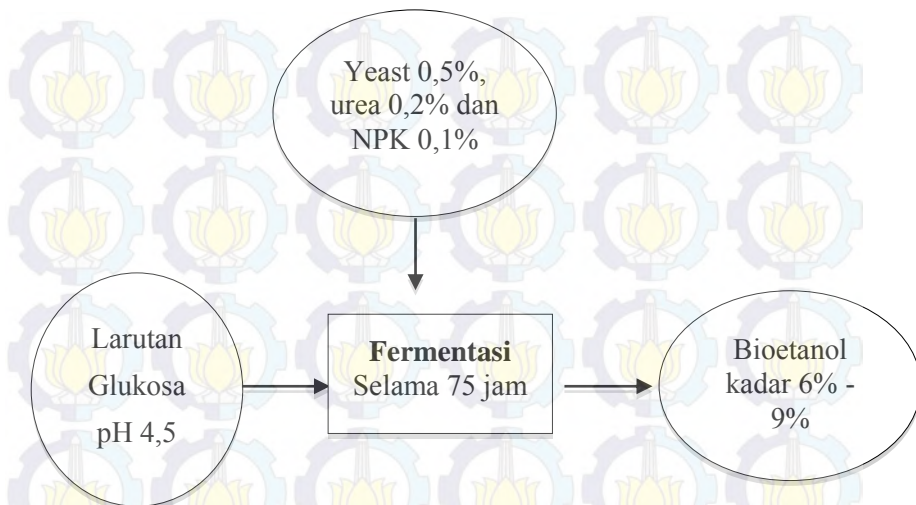


III.8.4 Proses Penaikan pH

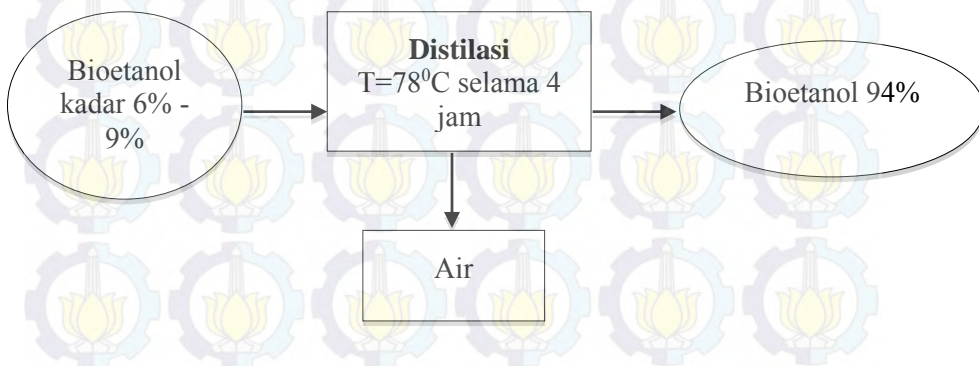




III.8.5 Proses Fermentasi



III.8.6 Proses Distilasi



BAB IV

HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Percobaan

IV.1.1. Hasil Analisa Kadar Air Alga (*Spirogyra sp*)

W_0 = 31,0481 gram

W_1 = 36,0481 gram

W_2 = 31,5348 gram

Keterangan :

W_0 = Berat cawan kosong

W_1 = Berat cawan dan sampel sebelum dioven

W_2 = Berat cawan dan sampel setelah dioven

$$\text{Kadar air} = \frac{(W_1 - W_0) - (W_2 - W_0)}{(W_1 - W_0)} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air} = \frac{(36,0481 - 31,0481) - (31,5348 - 31,0481)}{(36,0481 - 31,0481)} \times 100\%$$

Kadar air = 90,266%

Dari data tersebut diperoleh kadar air sampel sebesar 90,266%

IV.1.2 Hasil Analisa Kadar Glukosa

$$\text{Cspl} = \frac{\text{Cstd} \times \text{Vstd}}{\text{Vspl}} \left(\frac{g}{l} \right)$$

Keterangan :

Cspl = Konsentrasi larutan glukosa dalam sampel (gram/liter)

Cstd = Konsentrasi larutan standart glukosa (gram/liter)

Vspl = Volume larutan sampel glukosa untuk titrasi (ml)

Vstd = Volume larutan standart glukosa untuk titrasi (ml)



Tabel IV.1.2.1 Hasil perhitungan kadar glukose dalam sampel setelah hidrolisa

Variabel Konsentrasi katalis	Cstd (gram/liter)	Vstd (ml)	Vspl (ml)	Cspl (gram/liter)
HCl 0,1 N	5	12	16,5	3,63636
HCl 1 N	5	12	16	3,750
HCl 2 N	5	12	14	4,28571

IV.1.3 Hasil Analisa Kadar Etanol

Kadar etanol dari hasil fermentasi dianalisa menggunakan alat GC (*Gas Chromatography*).

Tabel IV.1.3.1 Hasil analisa kadar etanol hasil fermentasi

Variabel Konsentrasi katalis	Konsentrasi Etanol (%)
HCl 0,1 N	1,13
HCl 1 N	1,46
HCl 2 N	2,68

IV.1.4 Hasil Perhitungan Densitas Etanol

Menghitung densitas etanol

Picnometer kosong = 13,139 gram

Picnometer + etanol = 22,3143 gram

Volume Piknometer = 10 ml

$$\rho = \frac{(\text{Picno} + \text{etanol}) - (\text{Picno kosong})}{\text{Volume Picnometer}}$$

$$\rho = \frac{(22,3143) - (13,139)}{10}$$

$$\rho = 0,81753 \text{ gr/ml}$$

Interpolasi konsentrasi bioetanol setelah proses distilasi

$$\frac{86\% - \% \text{Etanol}}{\% \text{Etanol} - 87\%} = \frac{0,81965 - 0,81708}{0,81708 - 0,81753}$$

$$\% \text{Etanol} = 86,82\%$$

**Tabel 1V.1.4.1** Hasil perhitungan densitas dan Konsentrasi Etanol

Variabel Konsentrasi katalis	Densitas (gram/ml)	Konsentrasi Etanol (%)
HCl 0,1 N	0,84171	77,16
HCl 1 N	0,83722	78,99
HCl 2 N	0,81753	86,82

IV.2 Pembahasan

Pada penelitian ini Alga basah di keringkan dari kadar air 90,266% menjadi 3,88% untuk menghilangkan kadar air dengan cara dioven pada suhu 60 °C, kemudian dihaluskan dengan mortar, kemudian dihidrolisa dengan menggunakan asam klorida (HCl) pada suhu 80 °C selama 4 jam. Hidrolisa asam ini bertujuan untuk memecah polisakarida dalam alga yaitu selulose, hemiselulose menjadi monomer gula. Katalis yang digunakan berupa asam klorida dengan variabel konsentrasi 0,1 N, 1 N, dan 2 N. Pada tahap ini terjadi perubahan dari pati menjadi glukosa. Kemudian dilanjutkan dengan proses penaikan pH dengan menggunakan larutan basa (NaOH) sehingga pH yang semula 1,5 menjadi 4,5, karena ragi memerlukan media asam dengan range pH antara 4,5 – 5. Kemudian dilanjutkan dengan proses fermentasi dengan menambahkan *Yeast* dan nutrient berupa urea dan NPK masing masing sebanyak 0,2%, 0,5%, dan 0,1% dari berat gula. Sehingga pada variabel penggunaan katalis asam HCl 0,1 N dilakukan penambahan *Yeast* sebanyak 0,0073 gram, Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) sebanyak 0,018 gram, dan NPK (KH_3PO_4) sebanyak 0,0036 gram. Pada variabel penggunaan katalis asam HCl 1 N penambahan *Yeast* sebanyak 0,0075 gram, Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) sebanyak 0,019 gram, dan NPK (KH_3PO_4) sebanyak 0,0038 gram. Dan pada variabel penggunaan katalis asam HCl 2 N penambahan *Yeast* sebanyak 0,0086 gram, Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) sebanyak 0,021 gram, dan NPK (KH_3PO_4) sebanyak 0,0043 gram. Fermentasi pada kondisi anaerob dimana tidak membutuhkan oksigen dalam



proses pembentukan alkohol. Langkah terakhir yaitu melakukan destilasi untuk mendapatkan bioetanol dengan konsentrasi 94%.

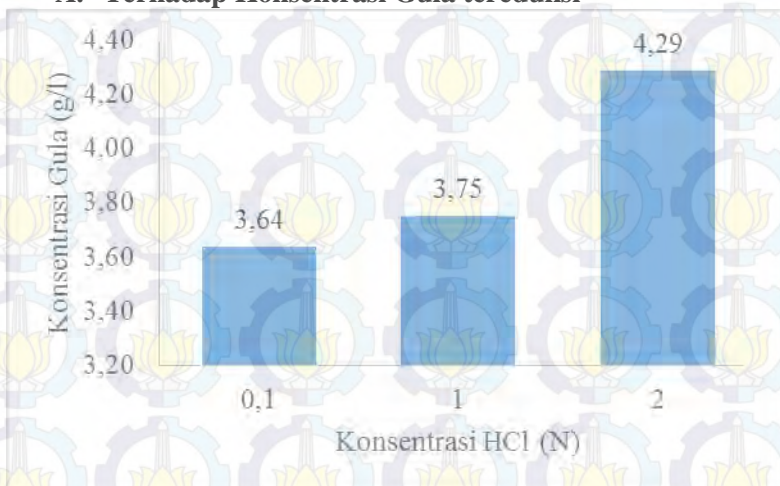
Hasil analisa kadar etanol dari hasil fermentasi dilakukan dengan menggunakan metode *Gas Chromatography* dan diperoleh etanol 1,13% untuk variabel HCl 0,1 N, 1,46% untuk variabel HCl 1 N, dan 2,68% untuk variabel HCl 2 N. Untuk kadar etanol dari hasil distilasi diperoleh dengan metode perhitungan densitas, pada variabel HCl 0,1 N diperoleh konsentrasi 77,16%, pada konsentrasi HCl 1 N diperoleh konsentrasi 78,99%, sedangkan pada konsentrasi 2 N diperoleh konsentrasi sebesar 86,82%.

Analisa yang dilakukan pada penelitian ini adalah analisa kadar air, analisa pati, kadar gula tereduksi, analisa lignin, selulose, dan hemiselulose, analisa kadar etanol hasil fermentasi, analisa kadar etanol hasil destilasi. Analisa kadar air dilakukan dengan menggunakan metode pengeringan oven dengan metode AOAC 1970. Penentuan kadar gula tereduksi dilakukan dengan menggunakan metode *Lane-Eynon*. Sedangkan untuk analisa kadar etanol menggunakan metode GC (*Gas Chromatography*).



IV.2.1 Pengaruh Variasi konsentrasi HCl

A. Terhadap Konsentrasi Gula tereduksi



Grafik IV.2.1 Pengaruh variasi konsentrasi asam terhadap konsentrasi gula

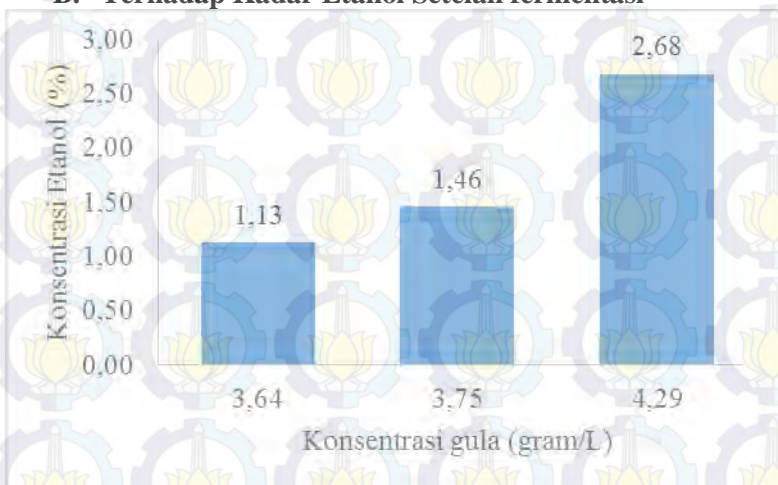
Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi asam klorida yang digunakan pada proses hidrolisis untuk mengetahui konsentrasi asam klorida terbaik dalam menghasilkan gula yang besar sehingga akan menghasilkan etanol yang besar pula.

Dari grafik IV.2.1 dapat dilihat bahwa dengan semakin besarnya konsentrasi HCl yang digunakan, maka akan semakin meningkat pula konsentrasi gula yang dihasilkan. Pada proses hidrolisa dengan menggunakan variabel konsentrasi HCl 0,1 N didapatkan konsentrasi gula sebesar 3,6363 gr/l, pada variabel konsentrasi HCl 1 N didapatkan konsentrasi gula sebesar 3,75 gr/l, dan pada variabel konsentrasi HCl 2 N didapatkan konsentrasi gula sebesar 4,2857 gr/l. Dari hasil yang didapatkan, konsentrasi gula paling tinggi adalah pada variabel penggunaan konsentrasi HCl 2 N yaitu sebesar 4,2857 gr/l. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa hidrolisa asam pekat



menghasil kan gula yang tinggi (90% dari hasil teoritik) dibandingkan dengan hidrolisa asam encer, dan dengan demikian akan menghasilkan ethanol yang lebih tinggi (*Carlo N Hamelinck, 2001*).

B. Terhadap Kadar Etanol Setelah fermentasi



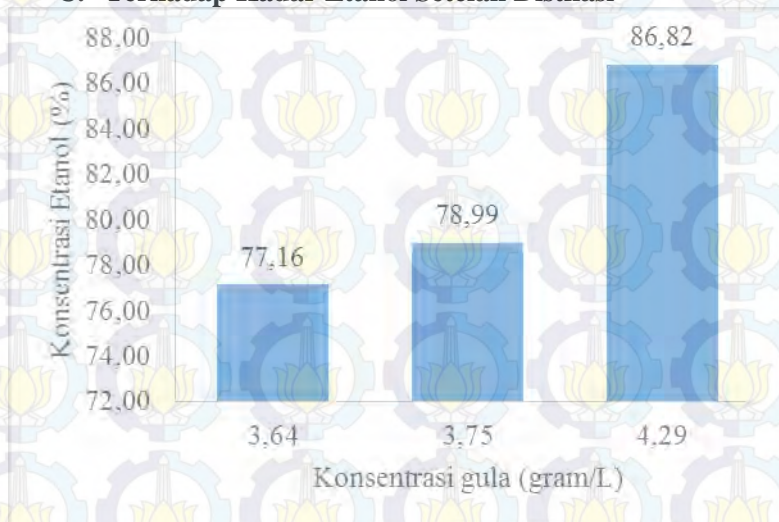
Grafik IV.2.2 Pengaruh variasi konsentrasi gula terhadap kadar etanol setelah fermentasi

Dari grafik IV.2.2 menunjukkan pengaruh variasi konsentrasi gula terhadap konsentrasi etanol setelah fermentasi. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa dengan semakin besarnya konsentrasi gula, maka akan semakin meningkat pula konsentrasi etanol yang dihasilkan. Pada konsentrasi gula 3,636 gram/L didapatkan konsentrasi etanol sebesar 1,1 %, pada konsentrasi gula 3,75 gram/L didapatkan konsentrasi etanol sebesar 1,46 %, dan pada konsentrasi gula 4,286 gram/L didapatkan konsentrasi etanol sebesar 2,68 %. Dari hasil yang didapatkan, konsentrasi etanol paling tinggi adalah pada konsentrasi gula 4,286 gram/L yaitu sebesar 2,68 %. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa hidrolisa asam pekat menghasilkan kan gula



yang tinggi (90% dari hasil teoritik) dibandingkan dengan hidrolisa asam encer, dan dengan demikian akan menghasilkan etanol yang lebih tinggi (Carlo N Hamelinck, 2001).

C. Terhadap Kadar Etanol Setelah Distilasi

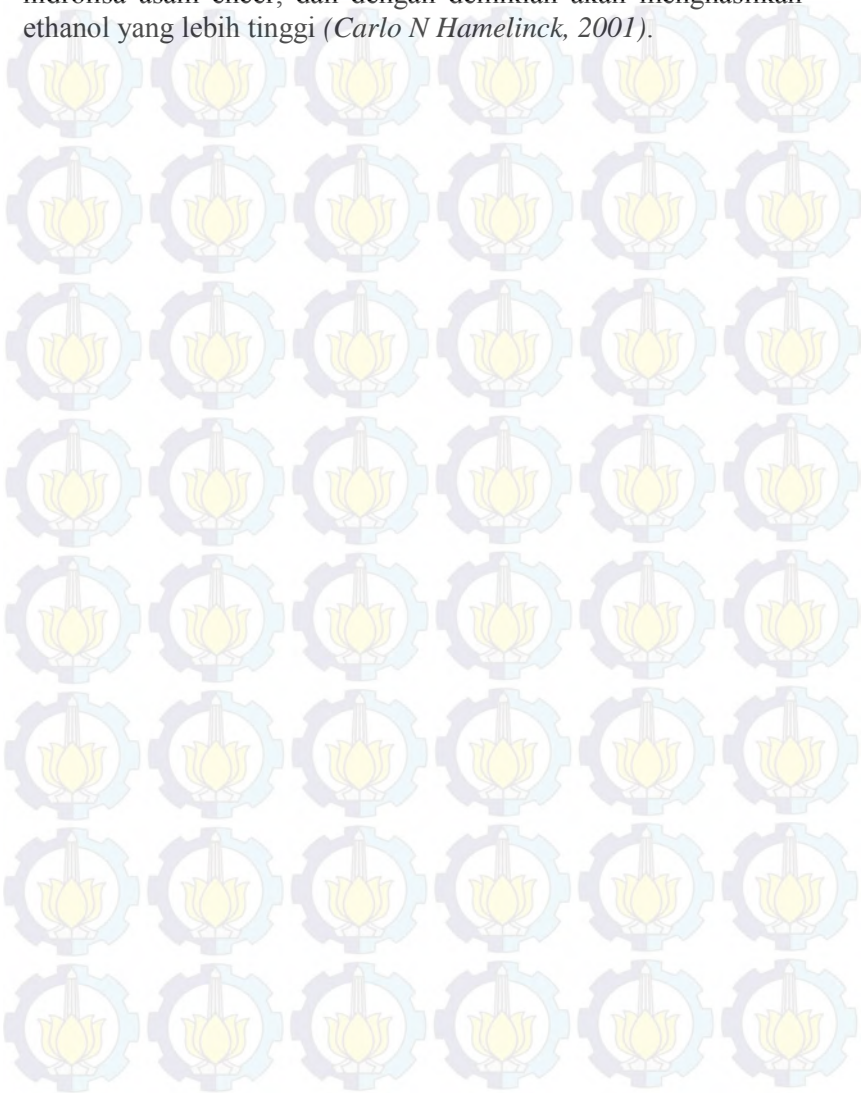


Grafik IV.2.3 Pengaruh variasi konsentrasi gula terhadap kadar etanol setelah distilasi

Grafik IV.2.3 menunjukkan pengaruh variasi konsentrasi gula terhadap konsentrasi etanol setelah distilasi. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa dengan semakin besarnya konsentrasi gula, maka akan semakin meningkat pula konsentrasi etanol yang dihasilkan. Pada konsentrasi gula 3,636 gram/L didapatkan konsentrasi etanol sebesar 77,16 %, pada konsentrasi gula 3,75 gram/L didapatkan konsentrasi etanol sebesar 78,99 %, dan pada konsentrasi gula 4,286 gram/L didapatkan konsentrasi etanol sebesar 86,82 %. Dari hasil yang didapatkan, konsentrasi etanol paling tinggi adalah pada konsentrasi gula 4,286 gram/L yaitu sebesar 86,82 %. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa hidrolisa asam pekat menghasilkan gula



yang tinggi (90% dari hasil teoritik) dibandingkan dengan hidrolisa asam encer, dan dengan demikian akan menghasilkan ethanol yang lebih tinggi (*Carlo N Hamelinck, 2001*).



BAB V NERACA MASSA

Kapasitas *home industry* : 100 Liter/hari

Menurut hasil percobaan, 75 gram alga kering dapat menghasilkan 0,036 ml etanol. Maka untuk mencukupi kebutuhan dalam skala *home industri* yang berkapasitas 100 Liter/hari dibutuhkan massa alga kering sebesar 209.888.059,7 gram.

Untuk 75 gram alga kering dibutuhkan 770,459 gram alga basah, maka untuk skala *home industri*, massa alga basah yang dibutuhkan sebesar 2.156.236.488 gram.

A.1 Neraca Massa Pembuatan Tepung Alga

A.1.1 Neraca Massa Proses Pengeringan (*Drying*)

Fungsi : Untuk mengeringkan alga sebanyak 2.156.236.488 gram dengan cara di oven selama 4 jam dengan suhu 60°C



Aliran <1>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	92718168,97	Gram

Aliran <2>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram



Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	9025186,57	Gram
Aliran <3>			
Air yang menguap	=	83692982,40	Gram

Tabel V.1 Neraca Massa Proses Pengeringan (*Drying*)

MASUK		KELUAR	
Komponen	Komposisi (Gram)	Komponen	Komposisi (Gram)
Aliran <1>		Aliran <2>	
Protein	129374189,26	Protein	129374189,26
Karbohidrat	1379991352,05	Karbohidrat	1379991352,05
Lemak	452809662,39	Lemak	452809662,39
Sisa Serat	101343114,92	Sisa Serat	101343114,92
Air	92718168,97	Air	9025186,57
		Aliran <3>	
		Air yang menguap	83692982,40
TOTAL	2156236487,58	TOTAL	2156236487,58

A.1.2 Neraca Massa Proses Penghalusan

Fungsi : Untuk mengecilkan ukuran partikel Alga kering agar mudah untuk masuk ke proses selanjutnya



**Aliran <2>**

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	9025186,57	Gram

Aliran <4>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	9025186,57	Gram

Tabel V.2 Neraca Proses Penghalusan

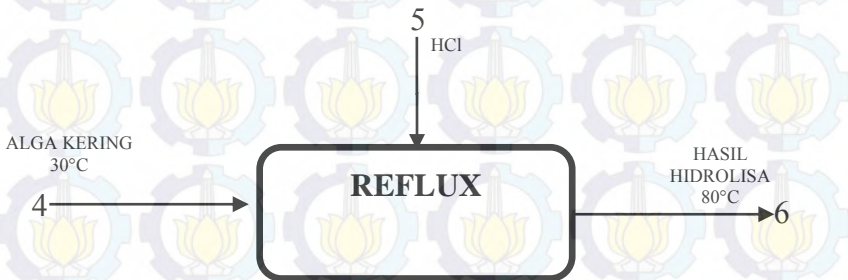
MASUK		KELUAR	
Komponen	Komposisi (Gram)	Komponen	Komposisi (Gram)
Aliran <2>		Aliran <4>	
Protein	129374189,26	Protein	129374189,26
Karbohidrat	1379991352,05	Karbohidrat	1379991352,05
Lemak	452809662,39	Lemak	452809662,39
Sisa Serat	101343114,92	Sisa Serat	101343114,92
Air	9025186,57	Air	9025186,57
TOTAL	2072543505,19	TOTAL	2072543505,19



A.2 Neraca Massa Pembuatan Produk Bioetanol

A.2.1 Neraca Massa Proses Hidrolisa

Fungsi : Untuk mencacah polisakarida di dalam Alga yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer gula dengan menggunakan HCl.



Aliran <4>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	9025186,57	Gram

Aliran <5>

HCl	=	8478078,36	Gram
-----	---	------------	------

Aliran <6>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	8305570,36	Gram
HCl	=	8478078,36	Gram
Glukose	=	7196162,05	Gram

**Tabel V.3 Neraca Massa Proses Hidrolisa**

MASUK		KELUAR	
Komponen	Komposisi (Gram)	Komponen	Komposisi (Gram)
Aliran <4>		Aliran <6>	
Protein	129374189,26	Protein	129374189,26
Karbohidrat	1379991352,05	Karbohidrat	1373514806,21
Lemak	452809662,39	Lemak	452809662,39
Sisa Serat	101343114,92	Sisa Serat	101343114,92
Air	9025186,57	Air	8305570,36
Aliran <5>		HCl	3,02
HCl	8478078,36	Glukose	7196162,05
TOTAL	2081021583,54	TOTAL	2081021583,54

A.2.2 Neraca Massa Proses Penaikan pH

Fungsi : Untuk menetralkan hasil hidrolisa dengan NaOH sehingga pH menjadi 4-5 sebelum masuk ke proses fermentasi.

**Aliran <6>**

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	8305570,36	Gram
HCl	=	8478078,36	Gram
Glukose	=	7196162,05	Gram

**Aliran <7>**

NaOH = 9290115,669 Gram

Aliran <8>

Protein = 129374189,26 Gram

Karbohidrat = 1379991352,05 Gram

Lemak = 452809662,39 Gram

Sisa Serat = 101343114,92 Gram

Air = 12486122,414 Gram

HCl = 847,80966 Gram

Glukose = 7196162,05 Gram

NaOH = 0 Gram

HCl = 13586794,167 Gram

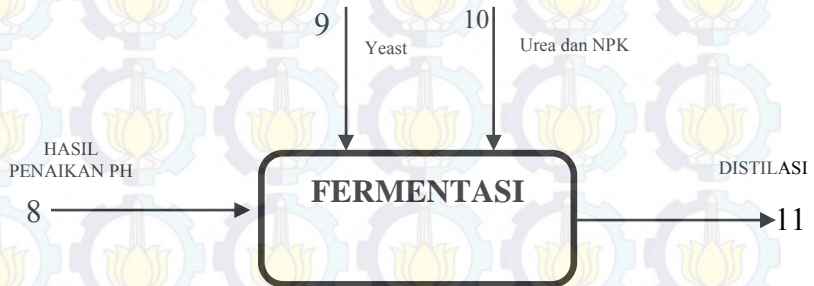
Tabel V.4 Neraca Massa Proses Penaikan pH

MASUK		KELUAR	
Komponen	Komposisi (Gram)	Komponen	Komposisi (Gram)
Aliran <6>		Aliran <8>	
Protein	129374189,2551	Protein	129374189,255
Karbohidrat	1373514806,2120	Karbohidrat	1373514806,212
Lemak	452809662,3928	Lemak	452809662,393
Sisa Serat	101343114,9165	Sisa Serat	101343114,916
Air	8305570,3625	Air	12486122,414
HCl	8478078,3582	HCl	847,809660821
Glukose	7196162,0469	Glukose	7196162,047
Aliran <7>		NaOH	0
NaOH	9290115,670	NaCl	13586794,167
TOTAL	2090311699,214	TOTAL	2090311699,214



A.2.3 Neraca Massa Proses Fermentasi

Fungsi : Mengubah glukosa menjadi alkohol yang melibatkan mikroorganisme dengan menggunakan *Yeast* dan Nutrient berupa Urea dan NPK dan difermentasi selama 3 hari.



Aliran <8>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	12486122,414	Gram
HCl	=	847,80966	Gram
Glukose	=	7196162,05	Gram
NaOH	=	0	Gram
NaCl	=	13586794,167	Gram

Aliran <9>

Yeast	=	23987,207	Gram
-------	---	-----------	------

Aliran <10>

Urea	=	59968,017	Gram
NPK	=	11993,603	Gram

**Aliran <11>**

Bioetanol	=	0,02694293	Gram
CO ₂	=	0,02577150	Gram
Air	=	12486122,414	Gram
Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1373514806,21	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa serat	=	101343114,92	Gram
HCl	=	847,81	Gram
Glukose	=	7196161,99	Gram
NaOH	=	0	Gram
NaCl	=	13586794,17	Gram
Yeast	=	23987,21	Gram
Urea	=	59968,02	Gram
NPK	=	11993,60	Gram

Tabel V.5 Neraca Massa Proses Fermentasi

MASUK		KELUAR	
Komponen	Komposisi (Gram)	Komponen	Komposisi (Gram)
Aliran <8>		Aliran <11>	
Protein	129374189,25508	Bioetanol	0,02694293
Karbohidrat	1373514806,2119	CO ₂	0,02577150
Lemak	452809662,39278	Air	12486122,413
Sisa Serat	101343114,91648	Protein	129374189,26
Air	12486122,413812	Karbohidrat	1373514806,2
HCl	847,809661	Lemak	452809662,39
Glukose	7196162,046908	Sisa Serat	101343114,92
NaOH	0	HCl	847,81
NaCl	23987,2068230	Glukose	7196161,99
Aliran <9>		NaOH	0
Yeast	0,0086	NaCl	13586794,17



Aliran <10>		Yeast	0,0086
Urea	59968,0170576	Urea	59968,02
NPK	11993,603411514	NPK	11993,60
TOTAL	2090407648,04	TOTAL	2090407648,04

A.2.4 Neraca Massa Proses Penyaringan

Fungsi : Memisahkan liquid hasil fermentasi dengan *slurry* dengan menggunakan kertas saring



Aliran <11>

Bioetanol	=	0,02694293	Gram
CO ₂	=	0,02577150	Gram
Air	=	12486122,414	Gram
Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1373514806,21	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa serat	=	101343114,92	Gram
HCl	=	847,81	Gram
Glukose	=	7196161,99	Gram
NaOH	=	0	Gram
NaCl	=	13586794,17	Gram
Yeast	=	23987,21	Gram
Urea	=	59968,02	Gram
NPK	=	11993,60	Gram

**Aliran <12>**

Bioetanol	=	0,02694293	Gram
CO ₂	=	0,02577150	Gram
Air	=	12486122,41381	Gram
HCl	=	847,80966608	Gram
NaCl	=	13586794,1669	Gram
NaOH	=	0	Gram

Aliran <13>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1373514806,21	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa serat	=	101343114,92	Gram
Glukose	=	7196161,994	Gram
Yeast	=	23987,207	Gram
Urea	=	59968,02	Gram
NPK	=	11993,60	Gram

Tabel V.6 Neraca Massa Proses Penyaringan

MASUK		KELUAR	
Komponen	Komposisi (Gram)	Komponen	Komposisi (Gram)
Aliran <8>		Aliran <11>	
Bioetanol	0,026942933	Bioetanol	0,00037591
CO ₂	0,025771501	CO ₂	0,00035957
Air	12486122,41381	Air	3,55911
Protein	129374189,2551	HCl	1,878918654
Karbohidrat	1373514806,212	NaCl	1,8441
Lemak	452809662,3927	NaOH	0
Sisa Serat	101343114,9164	Aliran <11>	
HCl	847,809661	Protein	129374189,255
Glukose	7196161,994194	Karbohidrat	1373514806,2
NaOH	0	Lemak	452809662,39
NaCl	13586794,16685	Sisa Serat	101343114,91
Yeast	23987,206823	Glukose	7196161,994



Urea	59968,017058	Yeast	23987,207
NPK	11993,60341151	Urea	59968,017
		NPK	11993,603412
TOTAL	2090407648,041	TOTAL	2090407648,041

A.2.5 Neraca Massa Proses Distilasi

Fungsi : Memisahkan Etanol hasil fermentasi dari solventnya.



Aliran <12>

Bioetanol	=	0,02694293	Gram
CO ₂	=	0,02577150	Gram
Air	=	12486122,41	Gram
HCl	=	847,80966	Gram
NaCl	=	13586794,17	Gram
NaOH	=	0	Gram

Aliran <14>

Bioetanol	=	0,02532636	Gram
Air	=	749167,34	Gram

Aliran <15>

Bioetanol	=	0,001616576	Gram
CO ₂	=	0,02577150	Gram
Air	=	11736955,07	Gram
HCl	=	847,80966	Gram
NaCl	=	13586794,17	Gram
NaOH	=	0	Gram

**Tabel V.6** Neraca Massa Proses Distilasi

MASUK		KELUAR	
Komponen	Komposisi (Gram)	Komponen	Komposisi (Gram)
Aliran <12>		Aliran <11>	
Bioetanol	0,02694293	Bioetanol	0,02532636
CO ₂	12486122,4138121	Air	749167,344829
Air	847,80966082	Aliran <11>	
HCl	13586794,166851	Bioetanol	0,001616576
NaCl	0,02577150	CO ₂	0,02577150
NaOH	0	Air	11736955,06898
		HCl	847,80966
		NaCl	13586794,167
		NaOH	0
TOTAL	26073764,4430	TOTAL	26073764,4430

BAB VI NERACA PANAS

Kapasitas *home industry* : 100 Liter/hari

Menurut hasil percobaan, 75 gram alga kering dapat menghasilkan 0,036 ml etanol. Maka untuk mencukupi kebutuhan dalam skala *home industri* yang berkapasitas 100 Liter/hari dibutuhkan massa alga kering sebesar 209.888.059,7 gram.

Untuk 75 gram alga kering dibutuhkan 770,459 gram alga basah, maka untuk skala *home industri*, massa alga basah yang dibutuhkan sebesar 2.156.236.488 gram.

A.1 Neraca Massa Pembuatan Tepung Alga

A.1.1 Neraca Massa Proses Pengeringan (*Drying*)

Fungsi : Untuk mengeringkan alga sebanyak 770,459 gram dengan cara di oven selama 4 jam dengan suhu 60°C



Aliran <1>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	92718168,97	Gram

Aliran <2>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram



Bab VI NERACA PANAS

Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	9025186,57	Gram
Aliran <3>			
Air yang menguap	=	83692982,40	Gram

Tabel V.1 Neraca Panas Proses Pengeringan (*Drying*)

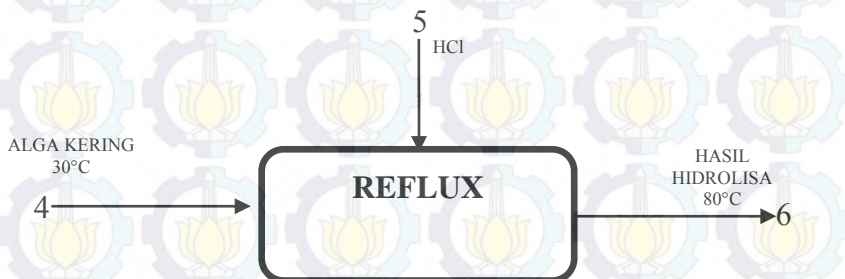
MASUK		KELUAR	
Komponen	Q masuk (Kcal)	Komponen	Q Keluar (Kcal)
Aliran <1>		Aliran <2>	
Protein	245143,92	Protein	1716007,45
Karbohidrat	2384144,80	Karbohidrat	16689013,60
Lemak	978696,99	Lemak	6850878,94
Sisa Serat	149886,47	Sisa Serat	1049205,27
Air	463637,20	Air	2929547,31
Q Supply	26662164,52	Aliran <3>	
		Air yang Menguap	315913,12
		Qloss	1333108,23
TOTAL	30883673,91	TOTAL	30883673,91



A.2 Neraca Panas Pembuatan Produk Bioetanol

A.2.1 Neraca Panas Proses Hidrolisa

Fungsi : Untuk mencacah polisakarida di dalam Alga yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer gula dengan menggunakan HCl.



Aliran <4>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	9025186,57	Gram

Aliran <5>

HCl	=	8478078,36	Gram
-----	---	------------	------

Aliran <6>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	8305570,36	Gram
HCl	=	8478078,36	Gram
Glukose	=	7196162,05	Gram

**Tabel V.2** Neraca Panas Proses Hidrolisa

MASUK		KELUAR	
Komponen	Q masuk (Kcal)	Komponen	Q Keluar (Kcal)
Aliran <4>		Aliran <6>	
Protein	245143,92	Protein	2696583,13
Karbohidrat	2384144,80	Karbohidrat	26102511,40
Lemak	978696,99	Lemak	10765666,91
Sisa Serat	149886,47	Sisa Serat	1648751,14
Air	45067,27	Air	457598,17
Aliran <5>		HCl	212,641768
HCl	13592,16	Glukose	136757,10
Q Supply	43186345,15	ΔH Reaksi	2886177,91
		Q Loss	2159317,26
TOTAL	47002876,76	TOTAL	47002876,76

A.2.2 Neraca Panas Proses Penaikan pH

Fungsi : Untuk menetralkan hasil hidrolisa dengan NaOH sehingga pH menjadi 4-5 sebelum masuk ke proses fermentasi.

**Aliran <6>**

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	8305570,36	Gram
HCl	=	8478078,36	Gram
Glukose	=	7196162,05	Gram

**Aliran <7>**

NaOH = 9290115,669 Gram

Aliran <8>

Protein = 129374189,26 Gram

Karbohidrat = 1379991352,05 Gram

Lemak = 452809662,39 Gram

Sisa Serat = 101343114,92 Gram

Air = 12486122,414 Gram

HCl = 847,80966 Gram

Glukose = 7196162,05 Gram

NaOH = 0 Gram

HCl = 13586794,167 Gram

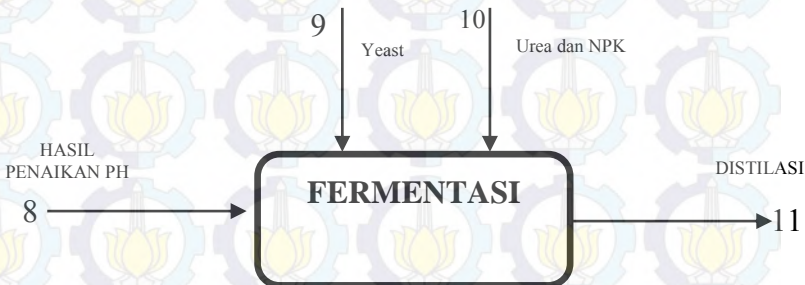
Tabel V.3 Neraca Massa Proses Penaikan pH

MASUK		KELUAR	
Komponen	Q masuk (Kcal)	Komponen	Q Keluar (Kcal)
Aliran <6>		Aliran <8>	
Protein	245143,9209	Protein	1716007,446
Karbohidrat	2372955,582	Karbohidrat	16610689,08
Lemak	978696,9916	Lemak	6850878,942
Sisa Serat	149886,467	Sisa Serat	1049205,269
Air	41473,86561	Air	290724,052
HCl	13592,15851	HCl	95145,10958
Glukose	12432,46365	Glukose	87027,24554
Aliran <7>		NaOH	0
NaOH	13563,06297	NaCl	0,011911014
		ΔH Reaksi	1,4779585E+05
		Q Loss	-2,3019728E+07
TOTAL	3827744,512	TOTAL	3827744,512



A.2.3 Neraca Panas Proses Fermentasi

Fungsi : Mengubah glukosa menjadi alkohol yang melibatkan mikroorganisme dengan menggunakan *Yeast* dan Nutrient berupa Urea dan NPK dan difermentasi selama 3 hari.



Aliran <8>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	12486122,414	Gram
HCl	=	847,80966	Gram
Glukose	=	7196162,05	Gram
NaOH	=	0	Gram
NaCl	=	13586794,167	Gram

Aliran <9>

Yeast	=	23987,207	Gram
-------	---	-----------	------

Aliran <10>

Urea	=	59968,017	Gram
NPK	=	11993,603	Gram

**Aliran <11>**

Bioetanol	=	0,02694293	Gram
CO ₂	=	0,02577150	Gram
Air	=	12486122,414	Gram
Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1373514806,21	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa serat	=	101343114,92	Gram
HCl	=	847,81	Gram
Glukose	=	7196161,99	Gram
NaOH	=	0	Gram
NaCl	=	13586794,17	Gram
Yeast	=	23987,21	Gram
Urea	=	59968,02	Gram
NPK	=	11993,60	Gram

Tabel V.4 Neraca Panas Proses Fermentasi

MASUK		KELUAR	
Komponen	Q masuk (Kcal)	Komponen	Q Keluar (Kcal)
Aliran <8>		Aliran <11>	
Protein	3186870,972	Bioetanol	0,085912448
Karbohidrat	30848422,57	CO ₂	0,026091338
Lemak	12723060,89	Air	41473,86844
Sisa Serat	1948524,07	Protein	245143,9209
Air	542561,421	Karbohidrat	2372955,582
HCl	176698,0606	Lemak	978696,9916
Glukose	161622,0274	Sisa Serat	149886,467
NaOH	0	HCl	13592,15851
NaCl	0,022120454	Glukose	12432,39217
Aliran <9>		NaOH	0
Yeast	7488,686034	NaCl	0,001701573



Aliran <10>		Yeast	179,21642
Urea	1743,540112	Urea	134,1184701
NPK	348,7080224	NPK	26,82369403
		ΔH Reaksi	-3,8531059E+01
		Q Loss	4,5782461E+07
TOTAL	49597340,97	TOTAL	49597340,97

A.2.4 Neraca Panas Proses Distilasi

Fungsi : Mengubah glukosa menjadi alkohol yang melibatkan mikroorganisme dengan menggunakan *Yeast* dan Nutrient berupa Urea dan NPK dan difermentasi selama 3 hari.



Aliran <12>

Bioetanol	=	0,02694293	Gram
CO ₂	=	0,02577150	Gram
Air	=	12486122,41	Gram
HCl	=	847,80966	Gram
NaCl	=	13586794,17	Gram
NaOH	=	0	Gram

Aliran <14>

Bioetanol	=	0,02532636	Gram
Air	=	749167,34	Gram

Aliran <15>

Bioetanol	=	0,001616576	Gram
CO ₂	=	0,02577150	Gram
Air	=	11736955,07	Gram
HCl	=	847,80966	Gram
NaCl	=	13586794,17	Gram
NaOH	=	0	Gram

**Tabel V.5** Neraca Panas Proses Distilasi

MASUK		KELUAR	
Komponen	Q masuk (Kcal)	Komponen	Q Keluar (Kcal)
Aliran <11>		Aliran <12>	
Bioetanol	0,000109469	Bioetanol	0,001090744
Air	62349,45227	Air	39787,66337
HCl	1,359218777	Aliran <13>	
NaCl	12536,81894	Bioetanol	6,9622E-05
CO ₂	3,32452E-05	Air sisa	623340,0594
NaOH	0	HCl	14,40771904
Q Supply	759099,7707	NaCl	132890,2808
		CO ₂	0,0003524
		NaOH	0
		Q Loss	37954,98854
TOTAL	833987,4013	TOTAL	833987,4013



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB VII ESTIMASI BIAYA

Estimasi Biaya Total “Produksi Bioetanol dari Alga (*Spirogyra sp.*) dengan Proses Fermentasi” dengan kapasitas produksi 100 liter/hari adalah sebagai berikut:

Tabel VII. 1 Investasi Bahan Habis Pakai (*Variable Cost*) selama 1 hari

No	Keterangan	Kuantitas	Harga (Rp.)	Total Biaya (Rp.)
A. Bahan Baku + Perlengkapan				
1.	Alga (Algae)	1.000 Kg	1.000/10 Kg	100.000
2.	HCl	1,5 Liter	200.000/ 2,5L	180.000
3.	NaOH	16 Kg	25.000/1 Kg	400.000
4.	Urea	20 Kg	4.500/5 Kg	18.000
5.	NPK	5 Kg	3.500/5 Kg	3.500
6.	Yeast	10 Kg	3.500/5 Kg	7.000
B. Utilitas				
7.	Air Blending	200 L	4.000/m ³	800
8.	Air Liquifikasi	350 L	5.000/m ³	1.750
9.	Air PDAM	800 L	2.660/m ³	2.128
10.	Listrik	30 kWh	1.350/kWh	40.500
C. Lain-Lain				
11.	Gaji Karyawan	2 Orang	25.000/orang	50.000
Sub-total				803.678



BAB VII Estimasi Biaya

Tabel VII. 2 Investasi Alat (*Fixed Cost*) selama 1 tahun

NO	Keterangan	Kuantitas	Harga (Rp.)	Total Biaya (Rp.)
1.	Oven	1 Unit	10.000.000	10.000.000
2.	Alat Hidrolisa	5 Unit	2.200.000	11.000.000
3.	Alat Distilasi	5 Unit	1.900.000	9.500.000
4.	Heater	5 Unit	2.400.000	12.000.000
5.	Timbangan Elektrik	3 Unit	1.150.000	3.450.000
6.	Fermentor	2 Unit	875.000	1.750.000
7.	Sewa Rumah	1 Unit	12.300.000	12.300.000
Sub-total				60.000.000

Total Biaya Produksi dalam 1 hari = Rp.806.378,-
 Biaya Produksi Perbulan = Rp.806.378,- x 26
 = RP.20.895.628,-
 Biaya Produksi Pertahun = RP.20.895.628,- x 12
 = Rp.250.747.536,-

Total Produksi Bioetanol dalam 1 hari = 100 liter
 Total Produksi Bioetanol Perbulan = 100 liter x 26
 = 2.600 liter
 Total Produksi Bioetanol Pertahun = 2.600 liter x 12
 = 31.200 liter

Total Biaya Produksi = Fixed Cost (FC) + Variabel Cost (VC)
 = Rp.60.000.000,- + Rp.250.747.536,-



$$= \text{Rp.}260.747.536,-$$

$$\text{Harga Pokok Produksi (HPP)} = \frac{\text{Total Biaya produksi}}{\text{Total produksi}}$$
$$\text{Rp.}260.747.536,-$$

$$\text{Harga Pokok Produksi (HPP)} = \frac{31.200 \text{ liter}}{}$$
$$= \text{Rp.}8.357,-$$

$$\text{Margin Keuntungan yang diinginkan} = 30\% \text{ dari HPP}$$
$$= 30\% \times \text{Rp.}8.357,-$$
$$= \text{Rp.}2.507,-$$

$$\text{Harga Jual Akhir} = \text{HPP} + \text{Margin}$$
$$= \text{Rp.}8.357,- + \text{Rp.}2.507,-$$
$$= \text{Rp.}10.864,-$$

$$\text{Dibulatkan} = \text{Rp.}11.000,-$$

$$\text{Variabel Cost Per Unit} = \frac{\text{Variabel Cost}}{\text{Total produksi}}$$
$$\text{Rp.}250.747.536,-$$

$$\text{Variabel Cost Per Unit} = \frac{31.200 \text{ liter}}{}$$
$$= \text{Rp.}8.036,-$$

$$\text{Total Penjualan} = \text{Rp.}11.000,- \times 31.200 \text{ liter}$$
$$= \text{Rp.}343.200.000,-$$



BAB VII Estimasi Biaya

$$\begin{aligned} \text{BEP Unit} &= \frac{\text{Fixed Cost}}{\text{Harga jual} - \text{Variabel Cost Per Unit}} \\ &= \frac{\text{Rp.60.000.000,-}}{\text{Rp.11.000,-/ liter} - \text{Rp.8.036,-/ liter}} \\ \text{BEP Unit} &= \text{Rp.3.374,-} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BEP Rupiah} &= \frac{\text{Fixed Cost}}{1 - \left(\frac{\text{Variabel Cost Per Unit}}{\text{Harga Jual}} \right)} \\ &= \frac{\text{Rp.60.000.000,-}}{1 - \left(\frac{\text{Rp.8.036,-}}{\text{Rp.11.000,-}} \right)} \\ \text{BEP Rupiah} &= \text{Rp.38.421.608,-} \end{aligned}$$

Tabel VII.3 Perhitungan Biaya BEP

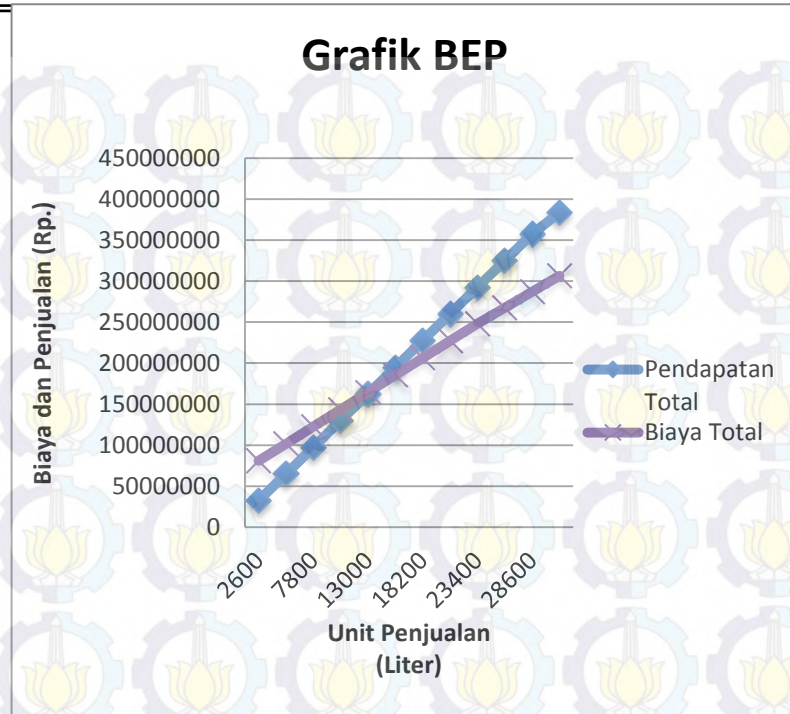
Unit yang dijual (Liter)	Pendapatan Total (Rp.)	Biaya Tetap (Rp.)	Biaya Variabel (Rp.)	Biaya Total (Rp.)
2600	32.500.000	60.000.000	20.895.628	80.895.628
5200	65.000.000	60.000.000	41.791.256	10.1791.256
7800	97.500.000	60.000.000	62.686.884	122.686.884



10400	130.000.00 0	60.000.00 0	83.582.512	143.582.51 2
13000	162.500.00 0	60.000.00 0	104.478.14 0	164.478.14 0
15600	195.000.00 0	60.000.00 0	125.373.76 8	185.373.76 8
18200	117.500.00 0	60.000.00 0	146.269.39 6	206.269.39 6
20800	260.000.00 0	60.000.00 0	167.165.02 4	227.165.02 4
23400	292.500.00 0	60.000.00 0	188.060.65 2	248.060.65 2
26000	325.000.00 0	60.000.00 0	207.535.95 2	267.535.95 2
28600	357.500.00 0	60.000.00 0	227.011.25 2	287.011.25 2
30680	383.500.00 0	60.000.00 0	246.486.55 2	306.486.55 2



BAB VII Estimasi Biaya



Grafik VII.1 Garafik BEP Bioetanol dari Alga (*Spirogyra sp.*)

Jadi dapat disimpulkan titik pulang pokok perusahaan diperoleh pada volume penjualan 3.374 liter. Apabila perusahaan telah mencapai angka penjualan tersebut diatas maka dapat diartikan perusahaan telah mencapai titik dimana perusahaan tidak mengalami kerugian atau memperoleh keuntungan.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

VIII.1 Kesimpulan

1. Kadar air dari Alga (*Spirogyra sp*) sebesar 90,266
2. Kadar glukose Alga (*Spirogyra sp*) sebesar 4,29 gr/L
3. Variabel perlakuan yang optimal diperoleh variabel slurry dengan konsentrasi HCl 2N
4. Konsentrasi etanol dari hasil fermentasi tertinggi diperoleh dari variabel hidrolisa dengan HCl konsentrasi 2N yaitu sebesar 2,68%
5. Konsentrasi etanol dari hasil fermentasi tertinggi diperoleh dari variabel hidrolisa dengan HCl konsentrasi 2N yaitu sebesar 86,82%

VIII.2 Saran

1. Untuk mendapatkan kadar etanol yang lebih tinggi perlu dilakukan proses pemurnian atau distilasi lebih lanjut.
2. Mencari substrat alga lain yang memiliki kandungan selulosa lebih banyak dan bukan bahan pangan, sehingga produksi bioetanol akan semakin besar dari sumber yang tidak digunakan.
3. Mencari metode lain untuk mendegradasi kandungan polisakarida selain selulosa yang ada dalam alga *Spirogyra sp.*, sehingga dapat dimanfaatkan untuk produksi bioetanol dengan kadar yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- 5, P. P. (2006). *KEBIJAKAN ENERGI NASIONAL*. PRESIDEN.
- Aguirar, C. (2001). *Biodegradation of cellulose from sugar cane bagasse by fungal cellulose*. Science Technology Alignment.
- Andi, I. (2012, April 22). Diambil kembali dari <http://www.wordpress.com/MakalahKlasifikasiKelompokAlga.htm>
- Anonim. (2007). *Rekayasa Bioproses Produksi Bioetanol dari Hidrolisat Pati Ubi Jalar (Ipomoea batatas L.) Menggunakan Saccharomyces cerevisiae*. Diambil kembali dari <http://iirc.ipb.ac.id/jspui/handle/123456789/7178>
- Anonymous. (2010). *Kedelai Wikipedia Indonesia*. Diambil kembali dari <http://hidupsehatonline.blogspot.com>
- Becker, E. (1994). *Microalgae Biotechnology and Microbiology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bold, W. d. (1985). *Introduction to Algae*. New York: Engelwood Cliffs New York.
- Buckle, E. K. (1985). *Ilmu Pangan*. Jakarta: UI-Press.
- Dawes, C. (1981). *Marine Botany*. Canada: Dimultanconly.
- Dr. Ir. Akhmad Sodig, M. d. (2012). *meningkatkan produksi susu kambing peranakan etawa*.
- Ferdiaz. (1992). *Mikrobiologi Pangan I*. Jakarta: PT. Gramedia Utama Pustaka.
- Hadi, K. (2012, March 28). Diambil kembali dari <http://www.blogspot.com/BelajarBiologiMakalahganggang.htm>
- [http://web.ipb.ac.id.\(t.thn.\)](http://web.ipb.ac.id.(t.thn.)). materi pendahuluan .

- industri bioteknologi biofuel menggunakan alga. (2013, 02). Khamdiyah, N. (2010). *Pembuatan Etanol Dari Alga Merah Jenis Eucheuma spinosum Dengan Sakarifikasi dan Tanpa Sakarifikasi pada variasi Lama Fermentasi*. Malang: Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim.
- Mundakir, A. (2013, September 23). Diambil kembali dari <http://energitoday.com/2013/09/23/konsumsi-bbm-naik-5-per-tahun-indonesia-butuh-3-kilang-baru/>
- Nofianto, E. (2009, April). Diambil kembali dari <http://ekonopianto.blogspot.com/2009/04/pati.html>
- Pelczar, M. (1986). *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI) Press.
- Pertanian, D. (2010, Mei 2). Diambil kembali dari <http://pphp.deptan.go.id/xplore/files/PENGOLAHAN-HASIL/BioEnergi-Lingkungan/BioEnergi-Perdesaan/BIOFUEL/Bioetanol/Bioethanol.pdf>
- Pratiwi, D. (2006). *Buku Pelajaran Biologi SMA jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Soebagyo, A. (1980). *Dasar-Dasar Mikrobiologi Industri*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.
- Suriawira. (1986). *Enzim Pangan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Teknologi, K. R. (2012, Mei 2). Diambil kembali dari <http://www.ristek.go.id/index.php/module/News+News/id/10973>
- Winarno, F. (1992). *Teknologi Pengelolaan Alga Laut*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.

APPENDIKS A NERACA MASSA

A.1 Neraca Massa Pembuatan Tepung Alga

A.1.1 Neraca Massa Proses Drying

Fungsi : Untuk mengeringkan alga sebanyak 209.888.059,7 Gram dengan cara di oven selama 4 jam dengan suhu 60°C.



Aliran <1>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	92718168,97	Gram

Aliran <2>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	9025186,57	Gram

Aliran <3>

Air yang menguap	=	83692982,40	Gram
------------------	---	-------------	------

Neraca Massa Proses Pengeringan

MASUK		KELUAR	
Komponen	Komposisi (Gram)	Komponen	Komposisi (Gram)
Aliran <1>		Aliran <2>	
Protein	129374189,26	Protein	129374189,26
Karbohidrat	1379991352,05	Karbohidrat	1379991352,05
Lemak	452809662,39	Lemak	452809662,39
Sisa Serat	101343114,92	Sisa Serat	101343114,92
Air	92718168,97	Air	9025186,57
		Aliran <3>	
		Air yang menguap	83692982,40
TOTAL	2156236487,58	TOTAL	2156236487,58

A.1.2 Neraca Massa Proses Penghalusan

Fungsi : Untuk mengecilkan ukuran alga kering agar mudah untuk masuk ke proses selanjutnya



Aliran <2>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	9025186,57	Gram

Aliran <4>

Protein	=	129374189,26	Gram
Karbohidrat	=	1379991352,05	Gram
Lemak	=	452809662,39	Gram
Sisa Serat	=	101343114,92	Gram
Air	=	9025186,57	Gram

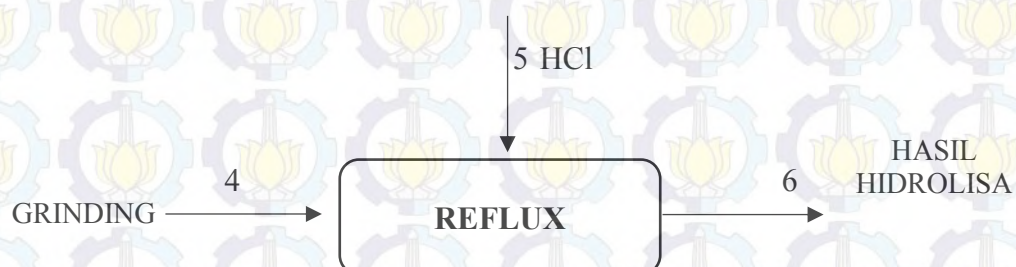
Neraca Massa Proses Grinding (Penghalusan)

MASUK		KELUAR	
Komponen	Komposisi (Gram)	Komponen	Komposisi (Gram)
Aliran <2>		Aliran <4>	
Protein	129374189,26	Protein	129374189,26
Karbohidrat	1379991352,05	Karbohidrat	1379991352,05
Lemak	452809662,39	Lemak	452809662,39
Sisa Serat	101343114,92	Sisa Serat	101343114,92
Air	9025186,57	Air	9025186,57
TOTAL	2072543505,19	TOTAL	2072543505,19

A.2 Neraca Massa Pembuatan Produk Bioetanol

A.2.1 Neraca Massa Proses Hidrolisa

Fungsi : Untuk memecah polisakarida di dalam Alga yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer gula dengan menggunakan HCl



REAKSI I



Pada reaksi Hidrolisa terjadi penguraian Pati menjadi Glukosa

	$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_{1000} + 1000\text{H}_2\text{O}$	\longrightarrow	$(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_{1000}$
Mula-mula	8518,465136	501399,2537	-
Reaksi	39,97867804	39978,67804	39,97867804
Sisa	8478,486458	461420,5757	39,97867804

$$\begin{aligned} \text{Pati mula-mula} &= \text{Massa : BM} \\ &= 1379991352,05 : 162000 \\ &= 8518,465136 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pati yang bereaksi} &= \text{Konversi x Pati mula-mula} \\ &= 0,004693179 \times 8518,465136 \\ &= 39,97867804 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pati sisa} &= \text{Mula-mula - Reaksi} \\ &= 8518,465136 - 39,97867804 \\ &= 8478,486458 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O mula-mula} &= \text{Massa : BM} \\ &= 9025186,56716 : 18 \\ &= 501399,25373 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O yang bereaksi} &= 1000 \times \text{Pati yang bereaksi} \\ &= 1000 \times 39,97867804 \\ &= 39978,6780384 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O sisa} &= \text{H}_2\text{O Mula-mula - H}_2\text{O yang bereaksi} \\ &= 501399,253731 - 39978,67804 \\ &= 461420,575693 \end{aligned}$$

$$\text{Glukose yang terbentuk} = 39,9786780383795$$

Komponen	BM	Massa	Mol
Karbohidrat (M)	162000	1379991352,1	8518,465136137
Karbohidrat (R)	162000	6476545,8	39,978678038
Karbohidrat (S)	162000	1373514806,2	8478,486458099
Air(M)	18	9025186,6	501399,253731342
Air(R)	18	719616,2	39978,678038380
Air(S)	18	8305570,4	461420,575692962
Glukose	180000	7196162,0	39,978678038

$$\begin{aligned}\text{Konversi} &= \frac{\text{Mol yang bereaksi}}{\text{Mol Mula-mula}} \\ &= \frac{0,071073205}{1,474110927} \\ &= 0,004693179 \text{ Mol}\end{aligned}$$

Proses Hidrolisa dilakukan dengan menggunakan 750 ml Asam Klorida (HCl) dengan Konsentrasi 0,1N, 1N, 2N

1. Pembuatan Larutan HCl 0,1N dalam 1000 ml

$$\begin{aligned}\text{BM HCl} &= 36,5 \\ \rho \text{ HCl} &= 1,19 \\ \% \text{ HCl} &= 37 \\ e \text{ HCl} &= 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M &= \frac{\rho \times \% \times 10}{\text{BM}} \\ &= \frac{1,19 \times 37 \times 10}{36,5} \\ &= 440,3 \\ &= \frac{440,3}{36,5} \\ &= 12 \text{ M}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M &= N \times e \\ N &= M : e \\ &= 12 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pengenceran :} \quad N_1 \times V_1 &= N_2 \times V_2 \\ 12 \times V_1 &= 0,1 \times 1000 \\ V_1 &= 8,3 \text{ ml}\end{aligned}$$

2. Pembuatan Larutan HCl 1N dalam 1000 ml

$$\begin{aligned}M &= \frac{\rho \times \% \times 10}{\text{BM}} \\ &= \frac{1,19 \times 37 \times 10}{36,5} \\ &= 440,3 \\ &= \frac{440,3}{36,5} \\ &= 12 \text{ M}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M &= N \times e \\ N &= M : e \\ &= 12 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengenceran : } N_1 \times V_1 &= N_2 \times V_2 \\ 12 \times V_1 &= 1 \times 1000 \\ V_1 &= 83 \text{ ml} \end{aligned}$$

3. Pembuatan Larutan HCl N dalam 1000 ml

$$\begin{aligned} M &= \frac{\rho \times \% \times 10}{\text{BM}} \\ &= \frac{1,19 \times 37 \times 10}{36,5} \\ &= \frac{440,3}{36,5} \\ &= 12 \text{ M} \end{aligned}$$

$$M = N \times e$$

$$N = M : e$$

$$= 12 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengenceran : } N_1 \times V_1 &= N_2 \times V_2 \\ 12 \times V_1 &= 2 \times 1000 \\ V_1 &= 167 \text{ ml} \end{aligned}$$

Neraca Massa Proses Hidrolisa

MASUK		KELUAR	
Komponen	Komposisi (Gram)	Komponen	Komposisi (Gram)
Aliran <4>		Aliran <6>	
Protein	129374189,26	Protein	129374189,26
Karbohidrat	1379991352,05	Karbohidrat	1373514806,21
Lemak	452809662,39	Lemak	452809662,39
Sisa Serat	101343114,92	Sisa Serat	101343114,92
Air	9025186,57	Air	8305570,36
Aliran <5>		HCl	8478078,36
HCl	8478078,36	Glukose	7196162,05
TOTAL	2081021583,54	TOTAL	2081021583,54

A.2.2 Neraca Massa Proses Penaikan pH

Fungsi : Untuk menaikkan pH hasil hidrolisa dengan NaOH sehingga pH menjadi 4-5 sebelum difermentasi



REAKSI II

	Reaksi Penetralan			
	HCl	+	NaOH	→ NaCl + H ₂ O
Mula-mula	232276,119		0,5X	-
Reaksi	0,5X		0,5X	0,5X
Sisa	0,083-0,5X		0	0,5X

Asumsi NaOH yang bereaksi = 50% dari NaOH mula-mula

pH yang diinginkan = 4

Sehingga Konsentrasi NaOH yang dibutuhkan :

$$\frac{0,083 - 0,5X}{0,083 + 0,5X} = 10^{-4}$$

$$0,083 - 0,5X = (0,083 + 0,5X) \times 0,0001$$

$$0,5X = 0,083 - ((0,083 + 0,5X) \times 0,0001)$$

$$0,5X = 0,083 - ((0,083 + 0,5X) \times 0,0001)$$

$$X = \frac{(0,083 - ((0,083 + 0,5) \times 0,0001))}{0,5}$$

$$X = 464505,78 \text{ N}$$

	Reaksi Penetralan			
	HCl	+	NaOH	→ NaCl + H ₂ O
Mula-mula	232276,119		232252,892	-
Reaksi	232252,892		232252,892	232252,892
Sisa	23,2276619		0	232252,892

HCl mula-mula = Massa : BM
 = 8478078,36 : 36,5
 = 232276,1194

HCl yang bereaksi = 50% x X
 = 50% x 464505,7835
 = 232252,8917 mol

HCl sisa = Mula-mula - Reaksi
 = 232276,1194 - 232252,8917
 = 23,22766194

NaOH mula-mula = Massa : BM
 = 9290115,66964 : 40
 = 232252,89174

NaOH yang bereaksi = HCl yang bereaksi
 = 232252,891741 mol

NaOH sisa = NaOH Mula-mula - NaOH yang bereaksi
 = 232252,891741 - 232252,891741
 = 0

NaCl yang terbentuk = 232252,891741

H₂O yang terbentuk = 232252,891741

Komponen	BM	Massa	Mol
HCl (M)	36,5	8478078,35821	232276,119403
HCl (R)	36,5	8477230,54855	232252,891741
HCl (S)	36,5	847,809660821	23,227661940
NaOH (M)	40	9290115,66964	232252,891741
NaOH (R)	40	9290115,66964	232252,891741
NaOH (S)	40	0	0
NaCl	58,5	13586794,1669	232252,891741
H ₂ O	18	4180552,0513	232252,891741

MASUK		KELUAR	
Komponen	Komposisi (Gram)	Komponen	Komposisi (Gram)
Aliran <6>		Aliran <8>	
Protein	129374189,2551	Protein	129374189,255
Karbohidrat	1373514806,2120	Karbohidrat	1373514806,212
Lemak	452809662,3928	Lemak	452809662,393
Sisa Serat	101343114,9165	Sisa Serat	101343114,916
Air	8305570,3625	Air	12486122,414
HCl	8478078,3582	HCl	847,809660821
Glukose	7196162,0469	Glukose	7196162,047
Aliran <7>		NaOH	0
NaOH	9290115,670	NaCl	13586794,167
TOTAL	2090311699,214	TOTAL	2090311699,214

1. Pembuatan Larutan NaOH 2N dalam 250 ml

BM NaOH = 40

e NaOH = 1

N = M x e

2 = M x 1

M = 2

NaOH yang dibutuhkan

$$M = \frac{\text{Gram}}{\text{BM}} \times \frac{1000}{V}$$

$$2 = \frac{\text{Gram}}{40} \times \frac{1000}{250}$$

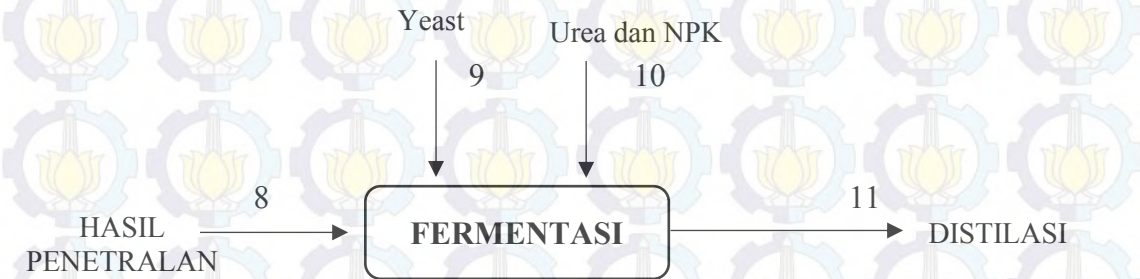
$$\text{Gram} = \frac{2 \times 40}{4}$$

$$\text{Gram} = 20 \text{ Gram}$$

Pada proses penetralan terjadi reaksi eksoterm.

A.2.3 Neraca Massa Proses Fermentasi

Fungsi : Mengubah glukosa menjadi etanol yang melibatkan mikroorganisme dengan menggunakan *saccharomyces cerevisiae* dan nutrient berupa Urea dan NPK dan difermentasi selama 3 hari.



REAKSI III

	$C_6H_{12}O_6$	\longrightarrow	$2C_2H_5OH$	$+$	$2CO_2$
Mula-mula	39978,67804		0		0
Reaksi	0,000292858		0,000585716		0,000585716
Sisa	39978,67775		0,000585716		0,000585716

$C_6H_{12}O_6$ mula-mul	=	Massa : BM
	=	7196162,05 : 180
	=	39978,67804
$C_6H_{12}O_6$ yang bere	=	0,5 x Mol etanol yang terbentuk
	=	0,5 x 0,00058572
	=	0,000292858 mol
$C_6H_{12}O_6$ sisa	=	Massa : BM
	=	39978,67804 - 0,000292858
	=	39978,67775
C_2H_5OH yang terbe	=	Massa : BM
	=	0,0269429 : 46
	=	0,000585716
CO_2 yang terbentuk	=	C_2H_5OH yang terbentuk
	=	0,000585716

Komponen	BM	Massa	Mol
$C_6H_{12}O_6$ (M)	180	7196162,046908	39978,67804
$C_6H_{12}O_6$ (R)	180	0,052714435	0,000292858
$C_6H_{12}O_6$ (S)	180	7196161,994	39978,67775
C_2H_5OH	46	0,026942933	0,000585716
CO_2	44	0,025771501	0,000585716

Massa Alga	=	75	gram
Kadar Etanol	=	2,68%	
Volume Etanol yang di hasilkan	=	0,03573333	ml
Densitas Etanol	=	0,754	gr/ml
Massa Etanol (gram)	=	0,02694293	gram
BM Etanol	=	46	
mol Etanol	=	0,00058572	mol
Yield Etanol	=	0,00035924	mol
Mol Glukose dalam 750 ml	=	0,01785714	mol
Konversi Glukose dalam 750 ml	=	0,03280009	mol

MASUK		KELUAR	
Komponen	Komposisi (Gram)	Komponen	Komposisi (Gram)
Aliran <8>		Aliran <11>	
Protein	129374189,255081	Bioethanol	0,02694293
Karbohidrat	1373514806,21198	CO2	0,02577150
Lemak	452809662,392782	Air	12486122,41381
Sisa Serat	101343114,916480	Protein	129374189,26
Air	12486122,413812	Karbohidrat	1373514806,21
HCl	847,809661	Lemak	452809662,39
Glukose	7196162,046908	Sisa serat	101343114,92
NaOH	0	HCl	847,81
NaCl	13586794,166851	Glukose	7196161,99
Aliran <9>		NaOH	0
Yeast	23987,2068230	NaCl	13586794,17
Aliran <10>		Yeast	23987,21
Urea	59968,0170576	Urea	59968,02
NPK	11993,603411514	NPK	11993,60
TOTAL	2090407648,04	TOTAL	2090407648,04

A.2.4 Neraca Massa Proses Penyaringan

Fungsi : Memisahkan liquid hasil fermentasi dengan slurry dengan menggunakan kertas saring



MASUK		KELUAR	
Komponen	Komposisi (Gram)	Komponen	Komposisi (Gram)
Aliran <11>		Aliran <12>	
Bioetanol	0,026942933	Bioethanol	0,02694293
CO2	0,025771501	CO2	0,02577150
Air	12486122,4138121	Air	12486122,41381
Protein	129374189,2551	HCl	847,809660821

Karbohidrat	1373514806,2120	NaCl	13586794,1669
Lemak	452809662,392782	NaOH	0
Sissa serat	101343114,916480	Aliran <13>	
HCl	847,809661	Protein	129374189,255
Glukose	7196161,994194	Karbohidrat	1373514806,212
NaOH	0	Lemak	452809662,393
NaCl	13586794,166851	Sisa serat	101343114,916
Yeast	23987,206823	Glukose	7196161,994
Urea	59968,017058	Yeast	23987,207
NPK	11993,603411514	Urea	59968,017
		NPK	11993,603412
TOTAL	2090407648,041	TOTAL	2090407648,041

A.2.5 Neraca Massa Proses Distilasi

Fungsi : Memisahkan Etanol hasil fermentasi dari solventnya



Volume Produk = 100000 ml
 ρ Produk = 0,8175 gr/ml
 Massa Produk = 81753 gram
 Konsentrasi Produk = 86 %

Aliran <12>

Volume Produk = 0,0330 ml
 ρ Produk = 0,8175 gr/ml
 Massa Produk = 0,02694 gram
 Konsentrasi Produk = 86 %
 Etanol yang teruapkan = $86 \% \times 0,026943$
 = 0,0231709 gram
 Air yang teruapkan = $14 \% \times 0,026943$
 = 0,0037720 gram

Aliran <14>

Volume Produk = 0,0330 ml
 ρ Produk = 0,8175 gr/ml
 Massa Produk = 0,02694 gram
 Konsentrasi Produk = %
 Etanol yang teruapkan = $86 \% \times 0,026943$
 = 0,0231709 gram
 Air yang teruapkan = $14 \% \times 0,026943$
 = 0,0037720 gram
 Etanol sisa = 0,003772

MASUK		KELUAR	
Komponen	Komposisi (Gram)	Komponen	Komposisi (Gram)
Aliran <12>		Aliran <14>	
Bioetanol	0,02694293	Bioethanol	0,02532636
Air	12486122,4138121	Air	749167,344829
HCl	847,80966082	Aliran <15>	
NaCl	13586794,166851	Bioethanol	0,001616576
CO2	0,02577150	CO2	0,02577150
NaOH	0	Air	11736955,06898
		HCl	847,80966
		NaCl	13586794,167
		NaOH	0
TOTAL	26073764,4430	TOTAL	26073764,4430

APPENDIKS B NERACA PANAS

Kapasitas Produksi = 100 liter/hari
 = 33000 liter/tahun
 Temperatur Referensi = 25 °C = 298 K

A. Perhitungan Kapasitas Panas dengan Berbagai Pendekatan

1. Data perhitungan Cp

Elemen	Solid	Liquid	Satuan
C	7,50	11,70	J/mol°C
H	9,60	18,00	J/mol°C
O	16,70	25,10	J/mol°C
B	26,00	33,50	J/mol°C
Si	11,30	19,70	J/mol°C
F	15,90	24,30	J/mol°C
P and S	20,90	29,30	J/mol°C
All Other	22,60	31,00	J/mol°C

Sumber : Coulson & Richardson's, " Chemical Engineering" Vol 6 Design
 Berdasarkan Tabel 8,2, Heat Capacities of the elements, J/mol°C

Perhitungan Cp :

Komponen	Rumus Molekul	C	H	O	N	Na	Cl	J/mol°C
Bioethanol	C ₂ H ₅ OH	23,4	108	25,10	-	-	-	156,50
Protein	NH ₂ CH ₂ CO ₂ H	15,00	48	33,4	23	-	-	119,00
Lemak	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	135	345,6	33,4	-	-	-	514,00
Karbohidrat	(C ₆ H ₁₂ O ₆)1000	5E+01	115,2	1E+02	-	-	-	260,40
HCl	HCl	-	18,00	-	-	-	31	49,00
Glukose	C ₆ H ₁₂ O ₆	45	115,2	100,2	-	-	-	260,40
NaOH	NaOH	-	9,60	16,70	-	23	-	48,90
NaCl	NaCl	-	-	-	-	23	23	45,20
Yeast								22,60
Urea								4253,7888
NPK	KH ₂ PO ₄							22,60

1 joule = 2,388458966274959e-4 kcal

Komponen	Cp J/mol°C	Cp Kcal/Kmol°C	Cp Kcal/Kg°C
Bioethanol	156,5	37,3793828222	0,812595279
Protein	119	28,4226616987	0,378968823
Lemak	514	122,766790867	0,432277433
Karbohidrat	2,6040E+02	62,1954714818	3,455304E-01
HCl	49	11,7034489347	0,320642437
Glukose	260,4	62,1954714818	0,345530397
NaOH	48,9	11,6795643451	0,291989109

NaCl	45,2	10,7958345276	0,184544180
Yeast	22,60	5,39791726378	4,803
Urea	4253,7888	1016,00000000	0,4473
NPK	22,6	5,39791726378	0,4473
Lignin	C ₉ H ₁₀ O ₂ (OCH ₃) ₁₀₀₀		0,295800000
Selulose			0,306700000
Hemiselulose			0,305080000
CO ₂			0,258000000

Cp Air

T°C	Kcal/Kg°C
Cp pada suhu 30°C	0,9987
Cp pada suhu 60°C	1,0001
Cp pada suhu 78°C	1,00206
Cp pada suhu 80°C	1,001733333
Cp pada suhu 90°C	1,005

Sumber : Geankoplis, " Transport Processes and Unit Operations",
(Appendiks A,2-5)

B. Perhitungan Berat Molekul dari Bahan

Komponen	Rumus Molekul	BM
Bioethanol	C ₂ H ₅ OH	46
Protein	NH ₂ CH ₂ CO ₂ H	75
Lemak	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	284
Karbohidrat	(C ₆ H ₁₂ O ₆) ₁₀₀₀	180
HCl	HCl	36,5
Glukose	C ₆ H ₁₂ O ₆	180
NaOH	NaOH	40
NaCl	NaCl	58,5
Yeast		1,124
Urea		2271
NPK	KH ₂ PO ₄	12,07
CO ₂	CO ₂	44
Selulose	C ₆ H ₁₀ O ₅	162

C. Data Panas Pembentukan ΔH_f

Komponen	Rumus Molekul	ΔH _f (Kcal/Kmol)
Pati	C ₆ H ₁₀ O ₅	-4177000
Air	H ₂ O	-68317,4
Glukose	C ₆ H ₁₂ O ₆	-301469,8576
Etanol	C ₂ H ₅ OH	-66327,50549
Karbondioksida	CO ₂	-93985,86032
Asam Klorida	HCl	-38740,80443
Natrium Hidroksida	NaOH	-101990
Natrium Klorida	NaCl	-98189,5481

B.1 Neraca Panas Pembuatan Tepung Alga

B.1.1 Neraca Panas Proses Drying

Fungsi : Untuk mengeringkan alga sebanyak 800000 Gram dengan cara di oven selama 12 jam dengan suhu 60°C.

Kondisi Operasi : T = 60°C. = 333 °K
t = 12 jam = 720 menit
P = 1 atm



Komposisi bahan masuk :

Komposisi	Prosentase	Berat Alga	Massa (Gr)	Massa (Kg)
Protein	6,0%	2156236488	129374189	129374,19
Karbohidrat	64,0%	2156236488	1379991352	1379991,35
Lemak	21,0%	2156236488	452809662	452809,66
Sisa Serat	4,7%	2156236488	101343115	101343,11
Air	4,3%	2156236488	92718169	92718,17

Q Masuk

Komponen	Massa (Kg)	Kmol	Cp Kcal/Kg°C	T-Tref (K)	Q (Kcal)
Aliran <1>					
Protein	129374	1724,99	0,3789688	5	245143,92
Karbohidrat	1379991	7666,62	3,4553E-01	5	2384144,80
Lemak	452810	1594,40	0,432277433	5	978696,99
Sisa Serat	101343		0,2958	5	149886,47
Air	92718	5151,01	1,0001	5	463637,20

Q Keluar

Komponen	Massa	KMol	Cp Kcal/Kg°C	T-Tref (K)	Q (Kcal)
Aliran <2>					
Protein	129374	1724,99	0,378969	35	1716007,45
Karbohidrat	1379991	7666,62	0,3455304	35	16689013,60
Lemak	452810	1594,40	0,4322774	35	6850878,94
Sisa Serat	101343		0,2958	35	1049205,27
Air	83693,0	4649,61	1,0001	35	2929547,31
Aliran <3>					
Air	9025,2		1,0001	35	315913,118

Menghitung harga Qsupply

$$Q_{\text{supply}} = X$$

Menghitung harga Qloss

$$Q_{\text{loss}} = 5\% \times Q_{\text{supply}}$$

$$= 0,05 X$$

$$Q_{\text{in}} + Q_{\text{supply}} = Q_{\text{out}} + Q_{\text{loss}}$$

$$4221509,383 + X = 29550565,68 + 0,05X$$

$$0,95 X = 25329056,30$$

$$X = 26662164,52$$

Jadi,

$$Q_{\text{supply}} = 26662164,52$$

$$Q_{\text{loss}} = 1333108,23$$

NERACA PANAS PROSES DRYING

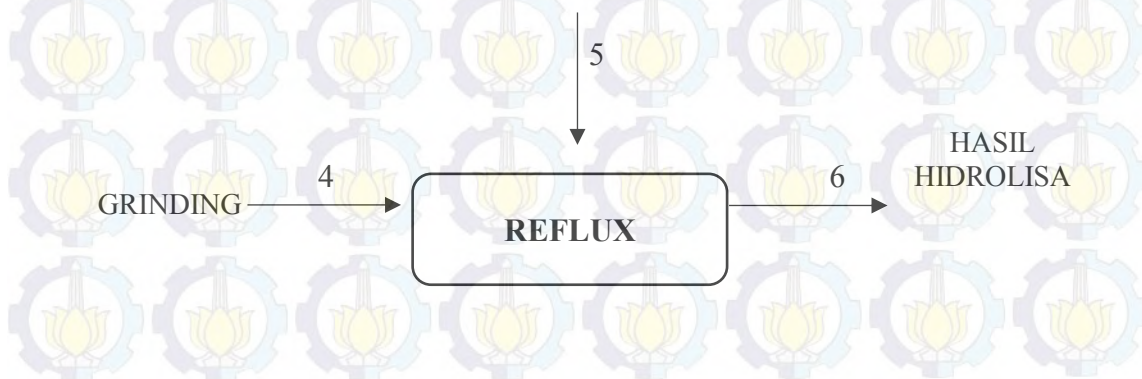
MASUK	Q masuk (Kcal)	KELUAR	Q Keluar (Kcal)
Aliran <1>		Aliran <2>	
Protein	245143,92	Protein	1716007,45
Karbohidrat	2384144,80	Karbohidrat	16689013,60
Lemak	978696,99	Lemak	6850878,94
Sisa Serat	149886,47	Sisa Serat	1049205,27
Air	463637,20	Air	2929547,31
Qsupply	26662164,52	Aliran <3>	
		Air	315913,12
		Qloss	1333108,23
TOTAL	30883673,91	TOTAL	30883673,91

B.1 Neraca Panas Produk Bioetanol

B.1.1 Neraca Panas Proses Hidrolisa

Fungsi : Untuk memecah polisakarida di dalam Alga yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer gula dengan menggunakan HCl

Kondisi Operasi : T = 80°C. = 333 °K
t = 4 Jam = 240 menit
P = 1 atm



Komposisi	Prosentase	Berat Alga	Massa (Gr)	Massa (Kg)
Protein	6%	2156236488	129374189	129374,19
Karbohidrat	64%	2156236488	1379991352	1379991,35
Lemak	21%	2156236488	452809662	452809,66
Sisa Serat	5%	2156236488	101343115	101343,11
Air	4%	2156236488	92718169	92718,17

Komponen	Massa (Kg)	Mol	Cp Kcal/Kg°C	T-Tref (K)	ΔH (Kcal)
Aliran <4>					
Protein	129374		0,3790	5	245143,92
Karbohidrat	1379991		0,3455	5	2384144,80
Lemak	452810		0,4323	5	978696,99
Sisa Serat	101343		0,2958	5	149886,47
Air	9025,2		0,9987	5	45067,27
Aliran <5>					
HCl	8478,1		0,320642437	5	13592,16



Sisa	8478,49	461420,58	39,98
-------------	----------------	------------------	--------------

(Hougen, 2th Ed, p, 297-308)

Komponen	BM	Massa	Mol
Karbohidrat (M)	162000	1379991352,1	8518,47
Karbohidrat (R)	162000	6476545,84	39,98
Karbohidrat (S)	162000	1373514806,2	8478,49
Air(M)	18	9025186,57	501399,25
Air(R)	18	719616,20	39978,68
Air(S)	18	8305570,36	461420,58
Glukose	180000	7196162,05	39,98

$$\Delta H_f \text{ Reaktan} = \text{mol} \times \Delta H_f$$

$$\begin{aligned} \Delta H_f(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_{1000} &= \text{mol}(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_{1000} \times \Delta H_f(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_{1000} \\ &= 0,039978678 \times -4177000 \\ &= -166990,94 \text{ Kkal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_f \text{H}_2\text{O} &= \text{mol H}_2\text{O} \times \Delta H_f \text{H}_2\text{O} \\
 &= 39,978678038 \times -68317,4 \\
 &= -2731239,34 \\
 \Delta H_f \text{Reaktan} &= \Delta H_f (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)1000 + \Delta H_f \text{H}_2\text{O} \\
 &= -166990,94 + -2731239,34 \\
 &= -2898230,28 \text{ Kcal}
 \end{aligned}$$

Menghitung ΔH_f produk :

$$\begin{aligned}
 \Delta H_f \text{ produk} &= \text{mol} \times \Delta H_f \\
 \Delta H_f (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)1000 &= \text{mol} (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)1000 \times \Delta H_f (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)1000 \\
 &= 0,039978678 \times -301469,86 \\
 &= -12052,37 \text{ Kcal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Menghitung } \Delta H \text{ Reaksi} &= \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ Reaktan} \\
 &= -12052,36638 - -2898230,28 \\
 &= 2886177,91
 \end{aligned}$$

Menghitung harga Q_{supply}

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{supply}} &= X \\
 Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_{\text{supply}} \\
 &= 0,05 \times X \\
 Q_{\text{in}} + Q_{\text{supply}} &= Q_{\text{out}} + Q_{\text{loss}} + \Delta H \text{ reaksi} \\
 3816531,61 + X &= 41957381,59 + 0,05X + 2886177,911 \\
 0,95 X &= 41027027,89 \\
 X &= 43186345,15
 \end{aligned}$$

Jadi,

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{supply}} &= 43186345,15 \\
 Q_{\text{loss}} &= 2159317,26
 \end{aligned}$$

Q Keluar

Komponen	Massa (Kg)	Mol	Cp Kcal/Kg°C	T-Tref (K)	ΔH (Kcal)
Aliran <6>					
Protein	129374	1724,98919	0,3790	55	2696583,13
Karbohidrat	1373515	247232665,1	0,3455	55	26102511,40
Lemak	452810	128597944,1	0,4323	55	10765666,91
Sisa Serat	101343		0,2958	55	1648751,14
Air	8306		1,0017	55	457598,17
HCl	8478		0,3206	55	149513,74
Glukose	7196		0,3455	55	136757,10

NERACA PANAS PROSES HIDROLISA

MASUK	Q masuk (Kcal)	KELUAR	Q Keluar (Kcal)
Aliran <4>		Aliran <6>	
Protein	245143,92	Protein	2696583,13
Karbohidrat	2384144,80	Karbohidrat	26102511,40
Lemak	978696,99	Lemak	10765666,91
Sisa Serat	149886,47	Sisa Serat	1648751,14
Air	45067,27	Air	457598,17
Aliran <5>		HCl	149513,74
HCl	13592,16	Glukose	136757,10
Qsupply	43186345,15	ΔH Reaksi	2886177,91
		Q Loss	2159317,26
TOTAL	47002876,76	TOTAL	47002876,76

B.1.2 Neraca Panas Proses Penaikan pH

Fungsi : Untuk menaikkan pH hasil hidrolisa dengan NaOH sehingga pH menjadi 4-5 sebelum difermentasi

Kondisi Operasi : T = 90°C. = 333 °K 358 °K
t = 5 menit
P = 1 atm



Komposisi bahan masuk :

Komposisi	Prosentase	Berat Alga	Massa (Gr)	Massa (Kg)
Protein	57%	75	42,7500	0,042750
Karbohidrat	26%	75	19,5000	0,019500
Lemak	2%	75	1,50000	0,001500
Sisa Serat	4,70%	75	3,52500	0,003525
Air	4,10%	75	3,07500	0,003075

Q Masuk

Komponen	Massa (Kg)	Mol	Cp Kcal/Kg°C	T-Tref (K)	ΔH (Kcal)
Aliran <7>					
Protein	129374		0,3790	5	245143,92
Karbohidrat	1373515		0,3455	5	2372955,58
Lemak	452810		0,4323	5	978696,99
Sisa Serat	101343		0,2958	5	149886,47
Air	8306		0,9987	5	41473,87
HCl	8478	232,2761194	0,3206	5	13592,16
Glukose	7196		0,3455	5	12432,46

Aliran <8>

NaOH	9290,1	232,2528917	0,291989109	5	13563,06
------	--------	-------------	-------------	---	----------

REAKSI II

Reaksi Penetralan

	HCl	+	NaOH	→	NaCl	+	H ₂ O
Mula-mula	232276,12		0,03		-		-
Reaksi	0,03		0,03		0,03		0,03
Sisa	232276,09		0,00		0,03		0,03

Komponen	BM	Massa	Mol
HCl (M)	36,5	8478078,36	232276,12
HCl (R)	36,5	1,15	0,03
HCl (S)	36,5	8478077,21	232276,09
NaOH (M)	40	9290115,67	232252,89
NaOH (R)	40	1,26	0,03
NaOH (S)	40	0	0
NaCl	58,5	1,844	0,032
H ₂ O	18	0,567	0,032

Data panas pembakaran(ΔH_c) dan panas pembentukan (ΔH_f)

	HCl	+	NaOH	→	NaCl	+	H ₂ O
ΔH_c HCl				=	-167,2		
ΔH_c NaOH				=	-469,15		
ΔH_f H ₂ O				=	-68317,4		
ΔH_f NaCl				=	-385,92		

(Hougen, 2th Ed, p, 297-308)

Menghitung ΔH_f reaktan : $\Delta H_f \text{ Reaktan} = \text{mol} \times \Delta H_f$

$\Delta H_f \text{ HCl}$	=	mol HCl	x	$\Delta H_c \text{ HCl}$
	=	232,276119403	x	-167,2
	=	-38836,56716		
$\Delta H_f \text{ NaOH}$	=	mol NaOH	x	$\Delta H_f \text{ NaOH}$
	=	232,252891741	x	-469,15
	=	-108961,4442		

$\Delta H_f \text{ Reaktan}$	=	$\Delta H_f \text{ HCl}$	+	$\Delta H_f \text{ NaOH}$
	=	-38836,56716	+	-108961,4442
	=	-147798,0113		Kcal

Menghitung ΔH_f produk : $\Delta H_f \text{ produk} = \text{mol} \times \Delta H_f$

$\Delta H_c \text{ NaCl}$	=	mol NaCl	x	$\Delta H_c \text{ NaCl}$
	=	3,15228E-05	x	-385,92
	=	-0,01216527		Kcal

$$\begin{aligned}\Delta H_c \text{ H}_2\text{O} &= \text{mol H}_2\text{O} \times \Delta H_c \text{ H}_2\text{O} \\ &= 3,15228\text{E-}05 \times -68317,4 \\ &= -2,153554138 \text{ Kcal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_f \text{ Produk} &= \Delta H_f \text{ NaCl} + \Delta H_f \text{ H}_2\text{O} \\ &= -0,01216527 + -2,153554138 \\ &= -2,165719408 \text{ Kcal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Menghitung } \Delta H \text{ reaksi} &= \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ Reaktan} \\ &= -2,165719408 - -147798,0113 \\ &= 147795,8456\end{aligned}$$

Q Keluar

Komponen	Massa (Kg)	Mol	Cp Kcal/Kg°C	T-Tref (K)	ΔH (Kcal)
Aliran <9>					
Protein	129374		0,3790	35	1716007,446
Karbohidrat	1373515		0,3455	35	16610689,08
Lemak	452810		0,4323	35	6850878,942
Sisa Serat	101343		0,2958	35	1049205,269
Air	8306		1,0001	35	290724,052
HCl	8478		0,3206	35	95145,10958
Glukose	7196		0,3455	35	87027,24554
NaOH	0		0,2920	35	0
NaCl	0		0,1845	35	0,011911014

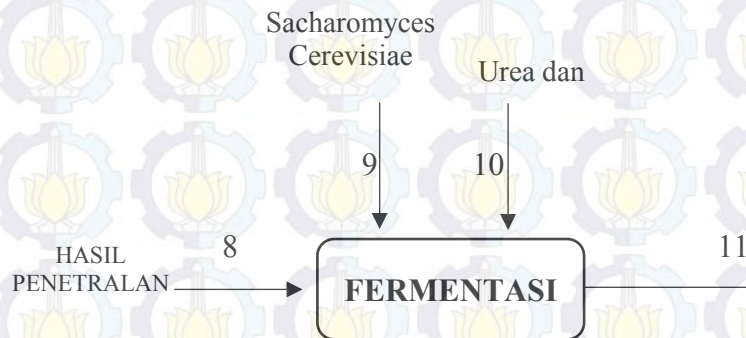
NERACA PANAS PROSES PENAIKKAN PH

MASUK	Q masuk (Kcal)	KELUAR	Q Keluar (Kcal)
Aliran <7>		Aliran <9>	
Protein	245143,9209	Protein	1716007,446
Karbohidrat	2372955,582	Karbohidrat	16610689,08
Lemak	978696,9916	Lemak	6850878,942
Sisa Serat	149886,467	Sisa Serat	1049205,269
Air	41473,86561	Air	290724,052
HCl	13592,15851	HCl	95145,10958
Glukose	12432,46365	Glukose	87027,24554
Aliran <8>		NaOH	0
NaOH	13563,06297	NaCl	0,011911014
		ΔH Reaksi	1,4779585E+05
		Q Loss	-2,3019728E+07
TOTAL	3827744,512	TOTAL	3827744,512

B.1.3 Neraca Panas Proses Fermentasi

Fungsi : Mengubah glukosa menjadi etanol yang melibatkan mikroorganisme dengan menggunakan *saccaromycess cerevisiae* dan nutrient berupa Urea dan NPK dan difermentasi selama 3 hari.

Kondisi Operasi : T = 30°C.
t = 3 Hari = 72 Jam = 4320 Menit
P = 1 atm



Komposisi bahan masuk :

Komposisi	Prosentase	Berat Alga	Massa (Gr)	Massa (Kg)
Protein	57%	75	42,7500	0,042750
Karbohidrat	26%	75	19,5000	0,019500
Lemak	2%	75	1,50000	0,001500
Sisa Serat	4,70%	75	3,52500	0,003525
Air	4,10%	75	3,07500	0,003075

REAKSI III

	$C_6H_{12}O_6$	\longrightarrow	$2C_2H_5OH$	$+$	$2CO_2$
Mula-mula	39978,67804		0		0
Reaksi	0,000408603		0,000817206		0,0008172
Sisa	39978,67763		0,000817206		0,0008172

Komponen	BM	Massa	Mol
$C_6H_{12}O_6$ (M)	180	7196162,0469	39978,678
$C_6H_{12}O_6$ (R)	180	0,073548522	0,0004086
$C_6H_{12}O_6$ (S)	180	7196161,973	39978,6776
C_2H_5OH	46	0,037591467	0,00081721
CO_2	44	0,035957055	0,00081721

Massa Alga	=	75	gram
Kadar Etanol	=	2,68%	
Volume Etanol yang di hasilkan	=	0,0357333	ml
Densitas Etanol	=	1,052	gr/ml
Massa Etanol (gram)	=	0,0375915	gram
BM Etanol	=	46	
mol Etanol	=	0,0008172	mol

Yield Etanol = 0,0005012 mol
Mol Glukose dalam 750 ml = 0,0178571 mol
Konversi Glukose dalam 750 ml = 0,0457635 mol

Q Masuk

Komponen	Massa (Kg)	Mol	Cp Kcal/Kg°C	T-Tref (K)	ΔH (Kcal)
Aliran <8>					
Protein	129374		0,3790	65	3186870,972
Karbohidrat	1373515		0,3455	65	30848422,57
Lemak	452810		0,4323	65	12723060,89
Sisa Serat	101343		0,2958	65	1948524,07
Air	8306		1,0050	65	542561,421
HCl	8478		0,3206	65	176698,0606
Glukose	7196	39,97867804	0,3455	65	161622,0274
NaOH	0		0,2920	65	0
NaCl	0		0,1845	65	0,022120454

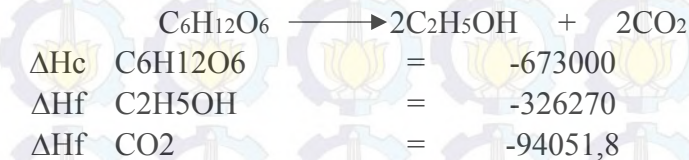
Aliran <9>

Yeast	23,987		4,803	65	7488,686034
-------	--------	--	-------	----	-------------

Aliran <10>

Urea	59,968		0,4473	65	1743,540112
NPK	11,994		0,4473	65	348,7080224

Data panas pembakaran(ΔHc) dan panas pembentukan (ΔHf)



(Hougen, 2th Ed, p, 297-308)

Menghitung ΔHf reaktan :

ΔHf Reaktan = mol x ΔHf

$$\begin{aligned} \Delta\text{Hf C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 &= \text{mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \Delta\text{Hc C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \\ &= 0,000000409 \times -673000 \\ &= -0,274989751 \end{aligned}$$

$$\Delta\text{Hf Reaktan} = -0,274989751$$

Menghitung ΔHf produk :

ΔHf produk = mol x ΔHf

$$\begin{aligned} \Delta\text{Hc C}_2\text{H}_5\text{OH} &= \text{mol C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \Delta\text{Hc C}_2\text{H}_5\text{OH} \\ &= 8,17206\text{E-}07 \times -326270 \\ &= -0,266629735 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta\text{Hc CO}_2 &= \text{mol CO}_2 \times \Delta\text{Hc CO}_2 \\ &= 8,17206\text{E-}07 \times -94051,8 \\ &= -0,076859676 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_f \text{ Produk} &= \Delta H_f \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} + \Delta H_f \text{ CO}_2 \\
 &= -0,266629735 + -0,076859676 \\
 &= -0,343489412 \text{ Kcal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Menghitung } \Delta H \text{ reaksi} &= \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ Reaktan} \\
 &= -0,343489412 - -0,274989751 \\
 &= -0,068499661
 \end{aligned}$$

Q Keluar

Komponen	Massa (Kg)	Mol	Cp Kcal/Kg°C	T-Tref (K)	ΔH (Kcal)
Aliran <11>					
Bioethanol	0,00004		0,8126	5	0,000152733
CO2	0,00004		0,2580	5	4,63846E-05
Air	8306		0,9987	5	41473,86844
Protein	129374		0,3790	5	245143,9209
Karbohidrat	1373515		0,3455	5	2372955,582
Lemak	452810		0,4323	5	978696,9916
Sisa serat	101343		0,2958	5	149886,467
HCl	8478		0,3206	5	13592,15851
Glukose	7196		0,3455	5	12432,46352
NaOH	0		0,2920	5	0
NaCl	0,0018		0,1845	5	0,001701573
Yeast	23,9872		4,8030	5	576,0527719
Urea	59,9680		0,4473	5	134,1184701
NPK	11,9936		0,4473	5	26,82369403

NERACA PANAS PROSES FERMENTASI

MASUK	Q masuk (Kcal)	KELUAR	Q Keluar (Kcal)
Aliran <8>		Aliran <11>	
Protein	3186870,972	Bioethanol	0,000152733
Karbohidrat	30848422,57	CO2	4,63846E-05
Lemak	12723060,89	Air	41473,86844
Sisa Serat	1948524,07	Protein	245143,9209
Air	542561,421	Karbohidrat	2372955,582
HCl	176698,0606	Lemak	978696,9916
Glukose	161622,0274	Sisa serat	149886,467
NaOH	0	HCl	13592,15851
NaCl	0,022120454	Glukose	12432,46352
Aliran <9>		NaOH	0
Yeast	7488,686034	NaCl	0,001701573
Aliran <10>		Yeast	576,0527719
Urea	1743,540112	Urea	134,1184701
NPK	348,7080224	NPK	26,82369403

		ΔH Reaksi	-6,8499661E-02
		Q Loss	4,5782423E+07
TOTAL	49597340,97	TOTAL	49597340,97

B.1.4 Neraca Panas Proses Distilasi

Fungsi : Memisahkan Etanol hasil fermentasi dari solventnya



Q Masuk

Komponen	Massa (Kg)	Mol	Cp Kcal/Kg°C	T-Tref (K)	ΔH (Kcal)
Aliran <11>					
Bioetanol	0,000		0,8126	5	0,000109469
Air	12486,1		0,9987	5	62349,45227
HCl	0,8		0,3206	5	1,359218777
NaCl	13587		0,1845	5	12536,81894
CO2	0,000		0,2580	5	3,32452E-05
NaOH	0		0,2920	5	0

Q Keluar

Komponen	Massa (Kg)	Mol	Cp Kcal/Kg°C	T-Tref (K)	ΔH (Kcal)
Aliran <12>					
Bioethanol	0,0000		0,8126	53	0,001090744
Air	749,17		1,0021	53	39787,66337
Aliran <13>					
Bioetanol sisa	0,0000		0,8126	53	6,9622E-05
Air sisa	11737,0		1,0021	53	623340,0594
HCl	0,8478		0,3206	53	14,40771904
NaCl	13587		0,1845	53	132890,2808
CO2	0,0000		0,2580	53	0,0003524
NaOH	0		0,2920	53	0

Menghitung harga Qsupply

$$Q_{\text{supply}} = X$$

Menghitung harga Qloss

$$Q_{\text{loss}} = 5\% \times Q_{\text{supply}}$$

$$= 0,05 X$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{in}} + Q_{\text{supply}} &= Q_{\text{out}} + Q_{\text{loss}} \\
 74887,63057 + X &= 796032,4128 + 0,05X \\
 0,95 X &= 721144,7822 \\
 X &= 759099,7707
 \end{aligned}$$

Jadi,
 $Q_{\text{supply}} = 759099,7707$
 $Q_{\text{loss}} = 37954,98854$

NERACA PANAS PROSES DISTILASI

MASUK	Q masuk (Kcal)	KELUAR	Q Keluar (Kcal)
Aliran <11>		Aliran <12>	
Bioetanol	0,000109469	Bioetanol	0,001090744
Air	62349,45227	Air	39787,66337
HCl	1,359218777	Aliran <13>	
NaCl	12536,81894	Bioetanol sisa	6,9622E-05
CO2	3,32452E-05	Air sisa	623340,0594
NaOH	0	HCl	14,40771904
Qsupply	759099,7707	NaCl	132890,2808
		CO2	0,0003524
		NaOH	0
		Q loss	37954,98854
TOTAL	833987,4013		833987,4013

APPENDIKS C PERHITUNGAN

1. Menghitung kadar air Alga (*Spirogyra sp*)

W0 = 31,0481 gram

W1 = 36,0481 gram

W2 = 31,5348 gram

Keterangan :

W0 = Berat cawan kosong

W1 = Berat cawan dan sampel sebelum dioven

W2 = Berat cawan dan sampel setelah dioven

$$\text{Kadar air} = \frac{(W_1 - W_0) - (W_2 - W_0)}{(W_1 - W_0)}$$

$$\text{Kadar air} = \frac{(36,0481 - 31,0481) - (31,5348 - 31,0481)}{(36,0481 - 31,0481)}$$

Kadar air = 90,27%

Dari data tersebut diperoleh kadar air sampel sebesar 90,266%

2. Menghitung kadar gula tereduksi (*Metode Lane and Eynon*)

$$Cspl = \frac{Cstd \times Vstd}{Vspl}$$

Keterangan :

Cspl = Konsentrasi Larutan Glukose dalam sampel (gram/liter)

Cstd = Konsentrasi Larutan Standart glukosa (gram/liter)

Vspl = Volume Larutan Sampel Glukosa untuk titrasi (ml)

Vstd = Volume Larutan Standart Glukosa untuk titrasi (ml)

- Untuk proses hidrolisa asam dengan variabel HCl 0,1 N

$$Cspl = \frac{Cstd \times Vstd}{Vspl}$$

$$Cspl = \frac{5 \times 12}{16,5}$$

$$= 3,6363 \text{ gram/liter}$$

- Untuk proses hidrolisa asam dengan variabel HCl 1 N

$$C_{spl} = \frac{C_{std} \times V_{std}}{V_{spl}}$$

$$C_{spl} = \frac{5 \times 12}{16}$$

$$= 3,75 \text{ gram/liter}$$

- Untuk proses hidrolisa asam dengan variabel HCl 2 N

$$C_{spl} = \frac{C_{std} \times V_{std}}{V_{spl}}$$

$$C_{spl} = \frac{5 \times 12}{14}$$

$$= 4,28571 \text{ gram/liter}$$

3. Menghitung densitas Bioetanol

$$\rho = \frac{(Picnometer + Etanol) - (Picnometer kosong)}{Volume Picnometer}$$

- Untuk hasil hidrolisa asam dengan variabel HCl 0,1 N

$$Picnometer \text{ Kosong} = 13,139 \text{ gram}$$

$$Picnometer + Isi = 21,5561 \text{ gram}$$

$$Volume \text{ Picnometer} = 10 \text{ ml}$$

$$\rho = \frac{(Picnometer + Etanol) - (Picnometer kosong)}{Volume Picnometer}$$

$$\rho = \frac{21,5561 - 13,139}{10}$$

$$= 0,84171$$

- Untuk hasil hidrolisa asam dengan variabel HCl 1 N

$$Picnometer \text{ Kosong} = 13,139 \text{ gram}$$

$$Picnometer + Isi = 21,5112 \text{ gram}$$

$$Volume \text{ Picnometer} = 10 \text{ ml}$$

$$\rho = \frac{(Picnometer + Etanol) - (Picnometer kosong)}{Volume Picnometer}$$

$$\rho = \frac{21,5112 - 13,139}{10}$$

$$= 0,83722$$

- Untuk hasil hidrolisa asam dengan variabel HCl 2 N

Picnometer Kosong = 13,139 gram

Picnometer + Isi = 21,3143 gram

Volume Picnometer = 10 ml

$$\rho = \frac{(Picnometer + Etanol) - (Picnometer kosong)}{Volume Picnometer}$$

$$\rho = \frac{21,3143 - 13,139}{10}$$

$$= 0,81753$$

4. Menghitung kadar Bioetanol setelah distilasi

Perhitungan kadar Etanol menggunakan interpolasi dari Tabel 2-112

Perry's Chapter 2, Hal 117

Kadar	Densitas
77	0,84211
78	0,83996
79	0,8372
80	0,83473
81	0,83224
82	0,82974
83	0,82724
84	0,82473
85	0,8222
86	0,81965
87	0,81708
88	0,81448
89	0,81186

- Untuk hasil hidrolisa asam dengan variabel HCl 0,1 N

$$\frac{77\% - \%Etanol}{\%Etanol - 78\%} = \frac{0,84211 - 0,83996}{0,83996 - 0,84171}$$

$$\%Etanol = 77,16\%$$

- Untuk hasil hidrolisa asam dengan variabel HCl 1 N

$$\frac{78\% - \%Etanol}{\%Etanol - 79\%} = \frac{0,83996 - 0,83720}{0,83720 - 0,83722}$$

$$\%Etanol = 78,99\%$$

- Untuk hasil hidrolisa asam dengan variabel HCl 2 N

$$\frac{86\% - \%Etanol}{\%Etanol - 87\%} = \frac{0,81965 - 0,81708}{0,81708 - 0,81753}$$

$$\%Etanol = 86,82\%$$

GAMBAR HASIL

1. Setelah fermentasi



2. Setelah Distilasi

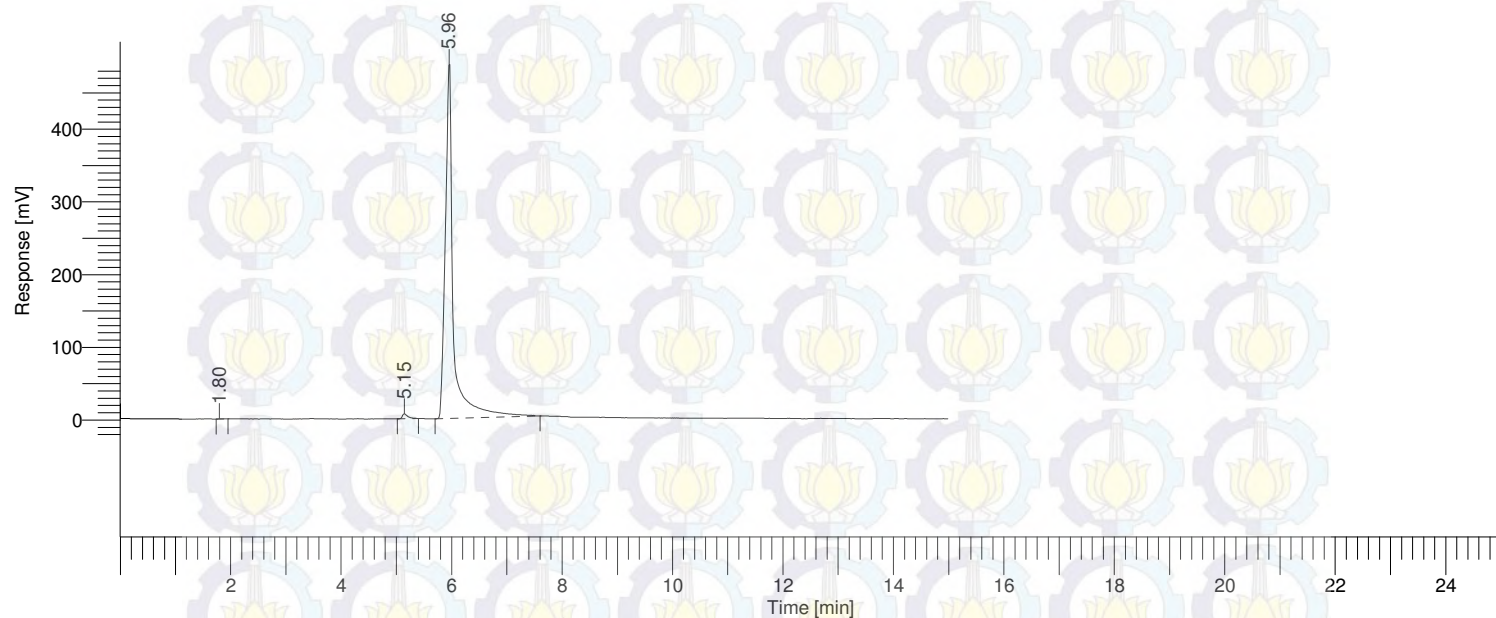


Software Version : 6.2.1.0.104:0104
 Sample Name : Alk ITS 0906 Spl 5
 Instrument Name : HP 5890
 Rack/Vial : 0/0
 Sample Amount : 1.000000
 Cycle : 1

Date : 10/06/2014 6:00:15 AM
 Data Acquisition Time : 10/06/2014 5:45:02 AM
 Channel : B
 Operator : JurTeknikKimia
 Dilution Factor : 1.000000

Result File :

Sequence File : C:\PenExe\TcWS\Ver6.2.1\Examples\Dual GC1 GC2.seq



DEFAULT REPORT

Peak #	komponen Name	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1		1.798	3363.49	500.38	0.07
2		5.147	45942.79	6758.82	0.93
3		5.955	4880636.00	494002.52	99.00
		4929942.28	501261.71	100.00	

Missing Component Report
 Component Expected Retention (Calibration File)

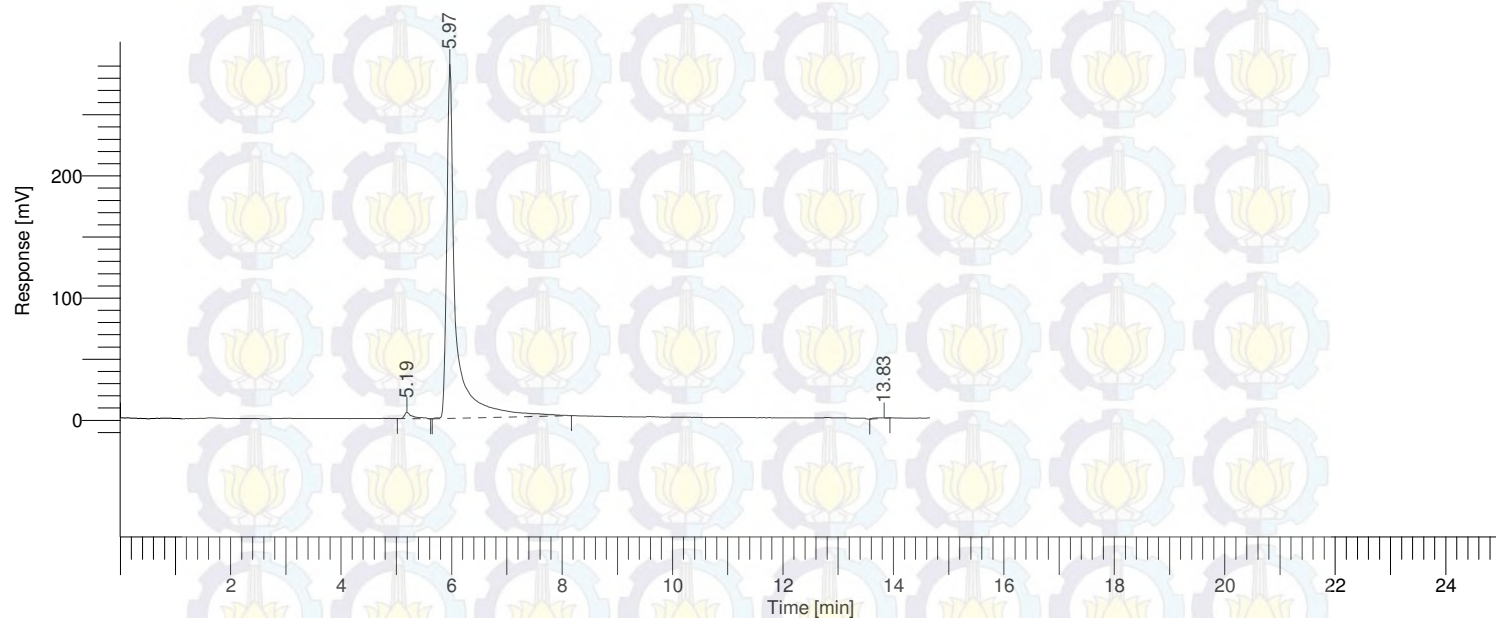
All components were found

Software Version : 6.2.1.0.104:0104
 Sample Name : Alk ITS 0906 Spl 6
 Instrument Name : HP 5890
 Rack/Vial : 0/0
 Sample Amount : 1.000000
 Cycle : 1

Date : 10/06/2014 6:17:47 AM
 Data Acquisition Time : 10/06/2014 6:02:55 AM
 Channel : B
 Operator : JurTeknikKimia
 Dilution Factor : 1.000000

Result File :

Sequence File : C:\PenExe\TcWS\Ver6.2.1\Examples\Dual GC1 GC2.seq



DEFAULT REPORT

Peak #	komponen Name	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1		5.189	52306.74	5103.33	1.56
2		5.968	3293128.81	288411.82	98.16
3		13.828	9475.83	412.45	0.28
		3354911.38	293927.61	100.00	

Missing Component Report

Component Expected Retention (Calibration File)

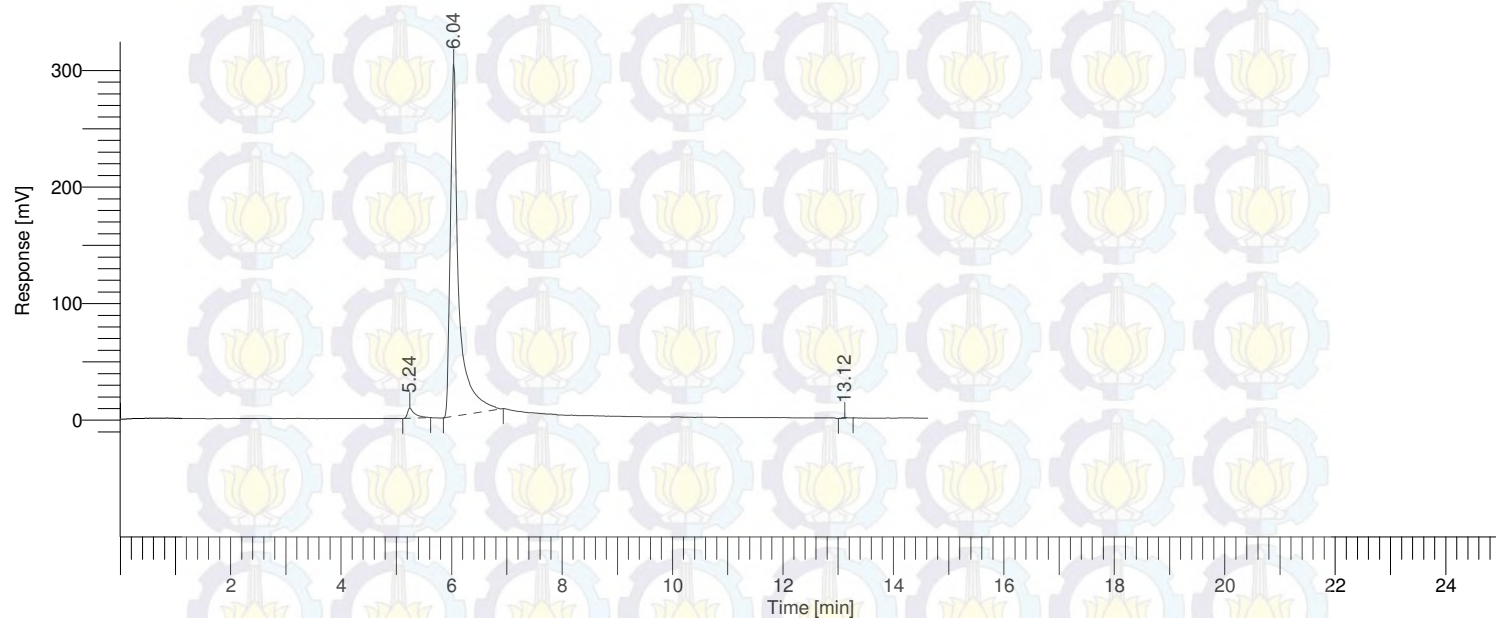
All components were found

Software Version : 6.2.1.0.104:0104
 Sample Name : Alk ITS 0906 Spl 7
 Instrument Name : HP 5890
 Rack/Vial : 0/0
 Sample Amount : 1.000000
 Cycle : 1

Date : 10/06/2014 6:36:19 AM
 Data Acquisition Time : 10/06/2014 6:21:28 AM
 Channel : B
 Operator : JurTeknikKimia
 Dilution Factor : 1.000000

Result File :

Sequence File : C:\PenExe\TcWS\Ver6.2.1\Examples\Dual GC1 GC2.seq



DEFAULT REPORT

Peak #	komponen Name	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1		5.242	80182.71	9038.75	2.43
2		6.036	3221079.36	301592.79	97.44
3		13.119	4581.72	600.03	0.14
			3305843.79	311231.56	100.00

Missing Component Report

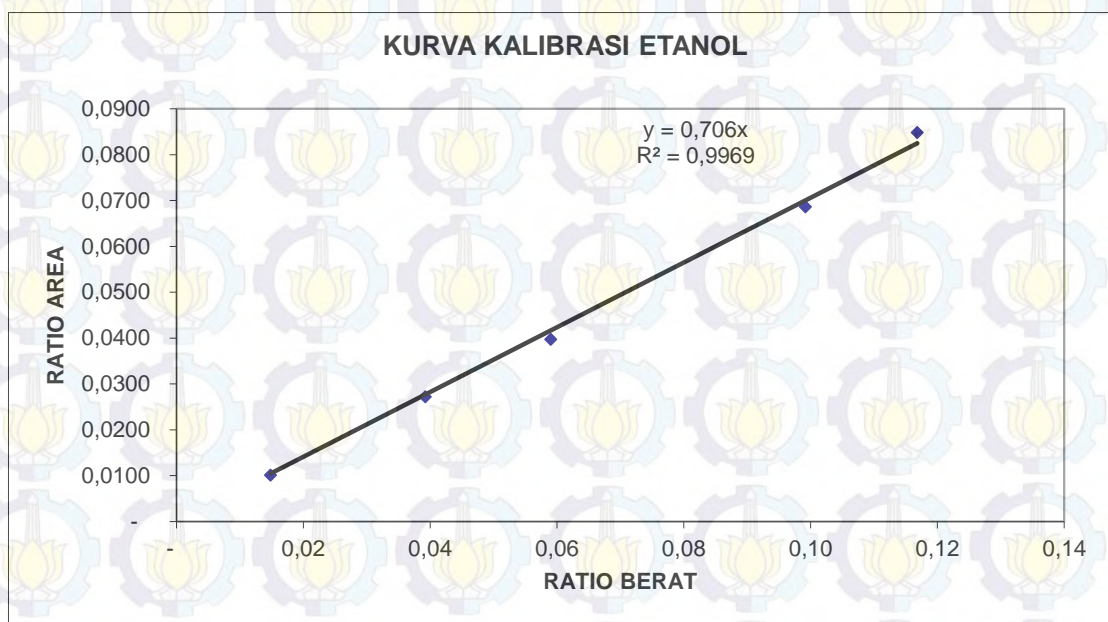
Component Expected Retention (Calibration File)

All components were found

LABORATORIUM KIMIA ANALISIS INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK KIMIA POLITEKNIK NEGERI MALANG

REKAPITULASI PERHITUNGAN STANDARD ETANOL

No	Nama Std	Berat (gr)		Area		Ratio	
		Etanol	ACN	Etanol	ACN	Berat	Area
1	Std 1	0,0120	0,8066	80.504,90	7.922.452,09	0,01	0,0102
2	Std 2	0,0319	0,8134	198.570,29	7.299.285,43	0,04	0,0272
3	Std 3	0,0479	0,8112	303.867,06	7.641.195,57	0,06	0,0398
4	Std 4	0,0798	0,8044	403.333,13	5.875.691,85	0,10	0,0686
5	Std 5	0,0958	0,8196	539.881,23	6.364.291,87	0,12	0,0848



[illegible]

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Bojonegoro, 5 Juli 1993 dengan nama Evika Dwi Rohmatin. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dan telah menempuh pendidikan formal yaitu SD Negeri Mayangkawis I Balen, SMP Negeri 5 Bojonegoro dan SMA Negeri 2 Bojonegoro. Kemudian pada tahun 2011, penulis melanjutkan studinya di jurusan D-III Teknik Kimia FTI-ITS dengan NRP 2311030035.

Semasa kuliah, Penulis sempat mengikuti beberapa pelatihan seperti : LKMM Pra TD dan LKMM TD, Pelatihan Pemandu serta pelatihan-pelatihan lain yang diadakan oleh Jurusan D-III Teknik Kimia FTI-ITS. Penulis juga merupakan anggota Himpunan Mahasiswa D-III Teknik Kimia FTI-ITS sebagai staff bidang PSDM, sekretaris bidang PSDM, dan sempat mengikuti organisasi institut yaitu BEM ITS di Kementerian PSDM. Email : phikoong@gmail.com

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Bangkalan, 21 September 1994 dengan nama Atikah Badriya Husein. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dan telah menempuh pendidikan formal yaitu SD Negeri Bator I Klampus, MTS Unggulan Amanatul Ummah Surabaya dan MA Unggulan Amanatul Ummah Surabaya. Kemudian pada tahun 2011, penulis melanjutkan studinya di jurusan D-III Teknik Kimia FTI-ITS dengan NRP 2311030004. Email : atikah.husain01@gmail.com